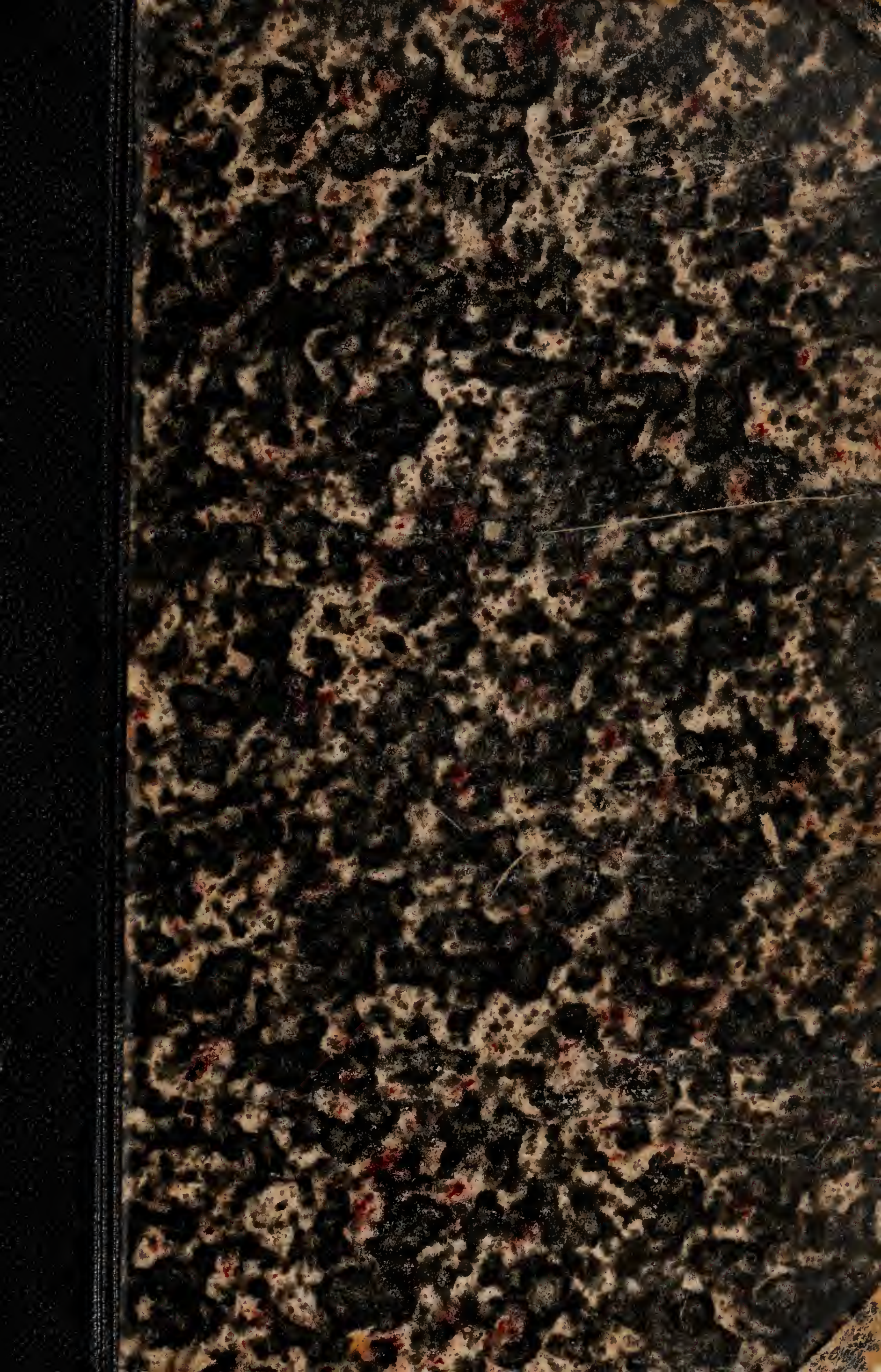






EXPERIMENTAL-ZOOLOGIE.

EINE ZUSAMMENFASSUNG DER DURCH VERSUCHE ERMITTELTEN GESETZMÄSSIGKEITEN TIERISCHER FORMEN UND VERRICHTUNGEN

VON

DR. PHIL. HANS PRZIBRAM,
PRIVATDOZENT AN DER WIENER UNIVERSITÄT.

4.

VITALITÄT.
(LEBENSZUSTAND.)

LEIPZIG UND WIEN.
FRANZ DEUTICKE.
1913.

VITALITÄT.

EINE ZUSAMMENFASSUNG DER DURCH VERSUCHE ERMITTELTEN GESETZMÄSSIGKEITEN TIERISCHER

LEBENSZUSTÄNDE

(KOLLOIDFORM, WACHSTUM, BEWEGUNG)

VON

DR. PHIL. HANS PRZIBRAM,
PRIVATDOZENT AN DER WIENER UNIVERSITÄT.

MIT 10 LITHOGRAPHISCHEN TAFELN.

LEIPZIG UND WIEN.
FRANZ DEUTICKE.
1913.

Verlags-Nr. 2123.

Druck von Rudolf M. Rohrer in Brünn.

Vorwort.

Schwieriger als bei den drei ersten Teilen der Experimentalzoologie gestaltete sich die Auswahl des Stoffes für den vorliegenden vierten Band.

Hier handelt es sich um die allgemeinen Eigenschaften des Lebenszustandes, so daß es sich nicht vermeiden ließ, chemische und physikalische Literatur mithereinzunehmen, obwohl ich mir stets bewußt blieb, ein Buch über experimentelle Zoologie zu schreiben. So verlockend es an manchen Stellen gewesen ist, auch bakteriologische und botanische Arbeiten als gute Belege für die angeführten Gesetzmäßigkeiten zu geben, so habe ich dies doch im Interesse der Einheitlichkeit des ganzen Werkes ängstlich vermieden.

Aber auch innerhalb des zoologischen Stoffes war es an gewissen Punkten notwendig, den Faden abzubrechen, wo er in allzu spezielle Gebiete hineingeleitet hätte, die dem fünften Bande vorbehalten bleiben mußten. Dies gilt beispielsweise von den Beziehungen des Lichtes verschiedener Färbung zu der Farbenperzeption und Farbenanpassung vieler Tiere, sodann auch von der Anpassung überhaupt, die mit dem Gedächtnis als allgemeiner Eigenschaft der organisierten Substanz so enge zusammenhängt.

Das Verhältnis von Zellkern und Zelleib, dessen Besprechung ursprünglich für den vierten Band angekündigt war, konnte ebenfalls blos kurz in der Kernplasmarelation gestreift werden und soll daher nochmals bei der Besprechung von Wechselwirkungen im fünften Heft erörtert werden.

Die Literatur ist bis Ende 1912 berücksichtigt. (In einzelnen Fußnoten auch 1913.)

Biologische Versuchsanstalt
in Wien (Prater)

Hans Przibram.

Pfingsten 1913.



Inhalt.

Tafeln I—X mit Tafelerklärungen und zu III—X Wachstumskurven und Tabellen:

Einleitung.

Rekapitulation der allgemeinen Eigenschaften des Lebendigen (Vitalität).

Obzwar der Forscher oder der gebildete Laie sich selten im unklaren sein wird, was er als lebendig, was als unbelebt zu betrachten hat, so stoßen wir dennoch bei der Definition des Lebens auf große Schwierigkeiten.

Wir sehen das Leben stets nur aus Leben hervorgehen, wenngleich die lebendigen Organismen dem Wechsel verschiedenartiger Energien nach den auch in der unbelebten Natur gültigen Umwandlungsäquivalenten unterworfen sind.

Ein fortwährender Wechsel, ein Werden und Vergehen von Teilen wie von ganzen Exemplaren ist geradezu charakteristisch für die Lebewesen.

Die Entwicklung eines Einzeltieres aus dem Ei (vgl. Band 1: Embryogenese), eines verlorenen Teiles aus dem Restkörper (vgl. Band 2: Regeneration) und die Abstammung eines Tieres von anderen Tieren (vgl. Band 3: Phylogenese) sind bloß Einzelprobleme der umfassenderen Frage: Wie entsteht das Leben überhaupt?

Man kann auf zweierlei Weise versuchen, diesem Probleme näher zu kommen. Entweder versucht man das erste Auftreten von lebendigen Keimen auf unserer Erde ausfindig zu machen, oder man trachtet durch eine genaue Analyse der an den Lebewesen zu beobachtenden Erscheinungen und eine synthetische Rekonstruktion ähnlicher Stoff- und Energiekomplexe den jederzeitigen Aufbau der Lebewesen aus den uns sonst bekannten Stoffen und Energien zu erklären.

Diese Ziele sind bis jetzt nicht erreicht worden. Von mancher Seite (namentlich unter den Monisten) wurde voreilig die Aussicht auf Erfolg für den Erfolg selbst gehalten, der weitere Forschung überflüssig oder zumindest ohne Bedeutung erscheinen ließe. Wieder andere haben, mißmutig über das wiederholte Fehlschlagen einer mechanischen Erklärung des Lebens, ihre Zuflucht zum sogenannten Vitalismus genommen, der verzichtet, das Leben und seine vornehmsten Eigentümlichkeiten auf die erforschlichen, einfacheren Gesetzmäßigkeiten physikalisch-chemischer Natur zurückzuführen, und eine eigene, über der leblosen Natur stehende Sondergesetzlichkeit annimmt. Ich will mich nicht vermessen, im gegenwärtigen Zeitpunkte ein abschließendes Urteil zu fällen; doch scheint es mir für die Ökonomie und Methodik der Wissenschaft vorteilhaft, zunächst alle Mittel zu erschöpfen, welche uns für eine Zurückführung des Lebens auf einfachere Erscheinungsformen zu Gebote stehen, ehe wir uns auf die Statuierung vitalistischen Geschehens einlassen.

Unter „Vitalität" verstehe ich im vorliegenden Bande alle Eigenschaften der lebendigen Substanz, welche an einem jeden lebenden Objekte (einzelnen Tiere) nachweisbar sind. Diese „allgemeinen Eigenschaften" der Organismen sind es, welche wir zunächst deskriptiv kennen lernen wollen, ehe wir die Anläufe experimenteller Analyse und Synthese sammeln.

Ebenso wie wir die Artkriterien in 1. morphologische, 2. chemische und 3. physiologische sondern (vgl. Band 3, S. 4 u. 13), so können wir auch die allgemeinen Lebenskriterien in drei analoge Gruppen einreihen.

1. In morphologischer, gestaltlicher Beziehung weisen alle bekannten Lebewesen eine Differenzierung in wenigstens zwei räumlich voneinander deutlich abgrenzbare Bestandteile auf; bei den Tieren einfachster Form, also den niedrigsten Einzelligen, sind diese beiden primitivsten Organe Zelleib und Zellkern. Die stets vorhandene Differenzierung in Organe verschiedener Ordnung unterscheidet die „Organismen" von den homogen gestalteten anorganischen Formbildungen, den Kristallen, welche sonst in vielen Beziehungen für die Deutung von Lebensvorgängen Anhaltspunkte liefern. Die eingehende Besprechung dieser Analogien übersteigt aber die einer „Experimentalzoologie" gesteckten Grenzen, und es sei deshalb auf

meine Publikation: Kristall-Analogien zur Entwicklungsmechanik der Organismen (Arch. f. Entw.-Mech. XXII, 207, 1906) und auf deren demnächst im gleichen Archiv erscheinende Fortsetzung verwiesen; kurz werden wir bei den einschlägigen Punkten darauf zurückkommen.

In der Embryogenese (Band 1, S. 103) kamen wir zum Schlusse, daß die Ausbildung der tierischen Form eine fast vollständige Selbstdifferenzierung (Roux) darstellt, an der die äußeren Faktoren bloß eine untergeordnete Rolle spielen; eine ähnliche Selbstgestaltung, aber ohne Differenzierung, weisen auch die Kristalle auf.

2. In chemischer, stofflicher Beziehung unterscheiden sich Zellkern von Zelleib sowie andere Körperteile nach ihrer Zugehörigkeit zu verschiedenen Organen und Regionen einer Tierart untereinander, so daß die Differenzierung nicht bloß ein morphologischer, sondern auch ein chemischer Charakter ist. Die chemische Inhomogenität scheidet wieder die Organismen von den chemisch meist homogenen Kristallen. Trotz der chemischen Verschiedenheit der einzelnen Körperregionen (vgl. Band 1, S. 89) und analoger Regionen verschiedener Tierarten (vgl. Band 3, S. 5 ff.) weist die allem Lebendigen zugrunde liegende Substanz, das „Protoplasma“, doch eine weitgehende Übereinstimmung in allen ihren Spielarten auf, so daß eine gemeinsame chemische Charakterisierung möglich ist. Vor allem ist es die hochkomplizierte Gruppe der Eiweiße, die in allen mit Leben ausgestatteten Objekten den wichtigsten Bestandteil ausmacht (vgl. O. v. Fürth, Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere, Jena, Fischer 1903, und O. Hammarsten, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 6. Aufl., Wiesbaden, Bergmann 1907).

Die schon durch die Zusammensetzung aus einer großen Anzahl von Atomgruppen bedingte Größe der Eiweißmoleküle verleiht der lebenden Substanz eine Reihe von Eigenschaften, die mit dem Aggregatzustande zu tun haben. Eiweißlösungen diffundieren bloß äußerst langsam und vermögen durch sogenannte halbdurchlässige Membranen (tierische Blase, vegetabilisches Pergament usf.) nur schwer durchzutreten. In dieser Beziehung verhalten sie sich wie anorganische Kolloide im Gegensatze zu den Kristalloiden, welche leicht diffundieren und leicht dialysieren (durch Membranen wandern).

Wie ein bestimmter organischer Stoff sowohl als Kolloid wie als Kristalloid aufzutreten vermag, können jedoch auch Eiweißkörper in kristallisiertem Zustande gewonnen werden (Hofmeister). Im lebenden Tierkörper ist es bisher aber nicht gelungen, kristalloide, echte Lösungen von Eiweiß nachzuweisen. Meist zeigen die flüssigen Protoplasmapartien schon dadurch ihre kolloidale Natur, daß sie sehr leicht in nicht-kristallisiertem Zustande aus der Flüssigkeit ausfallen, „ausflocken". Diese ausgeschiedene, feste Phase bezeichnet man nach Graham als „Gel", die flüssige Ursprungsphase als „Sol".

Nach den neuesten Untersuchungen bleiben Kolloide dann in Suspension, wenn die schwebenden Teilchen gleichartig elektrisch geladen sind, da sich die gleichnamigen Ladungen dann gegenseitig abstoßen. Werden hingegen entgegengesetzt geladene Ionen (elektrisch wirksame Molekülbestandteile) in die Suspension eingeführt, so werden mit dem Ausgleich der Ladungen die Kolloide gefällt.

Die Gele besitzen häufig die Eigentümlichkeit, Wasser sowohl in chemischer Bindung als auch intra-molekular aufzunehmen und dabei zu „quellen". In diesem Zustande sind sie so weit flüssig, daß sie den für Flüssigkeiten geltenden Gesetzen der Oberflächenspannung wenigstens teilweise zu folgen vermögen, was sich in gerundeten Formen ausprägt, sowie daß sie sich hinter eingedrungenen Fremdkörpern sofort wieder schließen (z. B. starrer Leim hinter den unter Druck aus einer Kapillare eingeschossenen Quecksilberkügelchen).

Auch die kristallisierten Eiweiße, z. B. Hämoglobinkristalle, besitzen Quellbarkeit, so daß sie die Formen der „fließenden" Kristalle annehmen, welche an den einfacher als Eiweiß konstituierten Kohlenstoffverbindungen vielfach dargestellt werden können (vgl. O. Lehmann, Flüssige Kristalle, Leipzig, Engelmann 1904, und zahlreiche andere Publikationen desselben Forschers). Aus den vorstehenden Ausführungen geht hervor, daß ein strenger Gegensatz zwischen Kolloid und Kristall nicht besteht, da die kristallisierten Eiweiße sich aus kolloidalen Lösungen absetzen, ja sogar im festen Zustande Eigenschaften der Kolloide teilen.

Das Plasma des Zelleibes, das „Cytoplasma", welches namentlich als Muskelplasma in großen Mengen gewonnen werden kann, konnte bisher nie in kristallisiertem Zustand erhalten

werden (hingegen hindert uns — meines Erachtens — nichts, in den Chromosomen fließende Kristalle von Kernplasma „Nucleoplasma“ zu erblicken, wenngleich sich ein strenger, auf die Zuordnung zu optisch bestimmt charakterisierten Kristallsystemen gestützter Beweis hiefür nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht erbringen läßt; vgl. neuerdings Paolo Della Valle, La Morfologia della cromatina dal puncto di vista fisico, Arch. Zool. Italiano VI, 41, 1912). Die leichte Abscheidbarkeit des Eiweißes im kolloidalen Zustande zeugt von der physiko-chemischen Labilität der Eiweißverbindungen; schon bei Zusatz von Salzen wird das Eiweiß aus der Lösung verdrängt, „Aussalzung“. Diese Form der Fällung liefert ein wieder in Wasser lösliches Produkt. Davon unterscheidet sich die „Koagulation“ bei erhöhter Temperatur, welche irreversibel ist und daher ebenso wie die Einwirkung verschiedener Chemikalien, z. B. Alkohol, Schwermetallsalze, Formaldehyd, eine „Denaturierung“ des Plasmas herbeiführt.

Bei der Fällung, etwa durch Säuren in Gelatine, tritt eine Entmischung in eine gelatinereichere und gelatineärmere Phase ein. Beim Erstarren oder Gelatinieren der Kolloide liegt aber bloß eine Phase vor, eine „Struktur“ ist nicht wahrnehmbar; die Beeinflussung durch zugesetzte Kristalloide ist eine stetige, d. h. die Erstarrungsgeschwindigkeit des Leimes wächst gleichmäßig mit der Größe des Zusatzes, während z. B. bei Säurefällung erst bei Erreichung eines bestimmten Grades und dann plötzlich der Zerfall in die zwei Phasen eintritt (Wo. Pauli, Der kolloidale Zustand und die Vorgänge in der lebendigen Substanz. Braunschweig, Vieweg 1902)*).

Bei histologischen Fixierungen haben wir es stets mit Kunstprodukten zu tun, was bei der Verwertung derselben in theoretischer Hinsicht nicht außer acht gelassen werden darf (vgl. A. Fischer, Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas. Jena, Fischer 1899; W. Berg, Beiträge zur Theorie der Fixation. Archiv f. mikr. Anatomie und Entw.-Gesch. LXII, 367, 1903). Ähnlich verhält es sich mit den Färbungsmethoden, die auf der andern noch zu besprechenden Eigenschaft der

*) Die oft vertretene Ansicht von der allgemeinen „Wabenstruktur“ des Protoplasmas (Bütschli, O., Meine Ansicht über die Struktur des Protoplasmas etc. Arch. f. Entw. XI, 1901, S. 499; Hofmeister, F., Die chemische Organisation der Zelle, Vieweg 1902) darf daher nicht ohne Prüfung der einzelnen lebendigen Objekte angenommen werden.

Kolloide beruhen, welche mit der Größe der ausfallenden Teilchen zusammenhängt. Es ist dies die „Adsorption“, das Mitreißen von Stoffen, welche sich mit ihnen in der Lösung befunden haben. Mit der Größe der Oberfläche suspendierter Teilchen wächst diese „freie Oberflächenenergie“ in reziproker Weise zur Abnahme der in Diffusion und Dialyse sich ausprägenden „osmotischen Energie“. Der Abbau des kolloidalen Materials vermindert die erstere, wobei die letztere zunimmt, und umgekehrt (vgl. Wo. Pauli, Allg. Physiko-Chemie der Zellen und Gewebe; Asher-Spiro, Ergebnisse der Physiologie I, 1, 1912).

In rein chemischer Beziehung sind die eigentlichen Eiweißkörper als verhältnismäßig stabil zu bezeichnen, da es einer Einwirkung starker Säuren oder anderer Agentien (hoher Temperaturen) bedarf, um eine Aufspaltung in ihre chemischen Bestandteile zu bewirken. Wenn dennoch in den lebenden Körpern ihre Aufspaltung möglich ist und fast fortwährend geschieht, so liegt dies an der Anwesenheit von Enzymen, das sind organische Fermente, welche als solche die Eigenschaft haben, sehr langsam vor sich gehende Reaktionen zu beschleunigen, zu „katalysieren“. Die Katalyse wird von kolloiden Substanzen sowohl organischer als auch anorganischer Natur ausgeübt, wobei oft sehr geringe Mengen des „Katalysators“ eine große Menge Substrat zu zerlegen vermögen, ohne daß der Katalysator in einem bestimmten Mengenverhältnis sich mit einem Zerlegungsprodukte des Substrates verbinden würde. Der als Katalysator wirkende Stoff kann sogar nach Ablauf der Katalyse wieder in unveränderter Menge und Qualität nachweisbar sein. Meist verlieren die Enzyme freilich nach katalytischer Tätigkeit ihre Wirkung, weil sie leicht selbst einer Zersetzung unterliegen, auch durch Temperatureneinflüsse bereits unterhalb 100° C zerstört werden.

Bei der Enzymwirkung scheint die durch die Oberflächenspannung herbeigeführte Adsorption eine große Rolle zu spielen, indem die Kolloidpartikel an ihrer Oberfläche eine Konzentration der aufeinander wirkenden Stoffe herbeiführen, deren stärkere Annäherung nun zu einer rascheren gegenseitigen Einwirkung führt.

Handelt es sich wirklich bei der Enzymwirkung lediglich um eine Beschleunigung der auch sonst vor sich gehenden Reaktionen, so sollten nicht nur Spaltungen (Hydrolysen), sondern auch Synthesen durch sie beschleunigt werden. Dies ist nun tat-

sächlich der Fall. Die Enzymwirkung kann meist reversibel gemacht werden.

In einer Mischung mehrerer Substanzen, welche chemisch aufeinander wirksame Bestandteile besitzen, muß sich ein gewisses Gleichgewicht herstellen, das aus allen möglichen Kombinationen der verwendeten Substanzkomponenten in bestimmten relativen Gewichtsverhältnissen besteht. Bei einer solchen Mischung verlaufen also entgegengesetzt gerichtete Prozesse, nämlich Hydrolysen, sonstige Spaltungen und die analogen Synthesen. Durch Zusatz von Enzymen oder anderen Katalysatoren wird das Endverhältnis der verschiedenen Kombinationen nicht geändert, der „Gleichgewichtspunkt" des „heterogenen Gleichgewichtes" erleidet keine Verschiebung. Es müssen also die Hydrolyse und die Synthesen in gleichem Maße beschleunigt worden sein. Vorausgesetzt ist hierbei allerdings, daß der Katalysator sich nicht im Laufe der Reaktionen selbst verändert und an der Bildung neuer, wenn auch bloß intermediärer Stoffkombinationen beteiligt hat.

Die synthetische Wirkung der Enzyme ist trotz ihres oft anscheinend geringen Grades doch wichtig für die Prozesse im Organismus, weil die Möglichkeit vorliegt, daß bei Unlöslichkeit des Syntheseproduktes allmählich größere Mengen desselben aufgespeichert oder bei leichter Beweglichkeit desselben die gebildeten Mengen sogleich weggeschwemmt werden und damit infolge Störung des Gleichgewichtes ein neuer Anstoß zur Bildung der synthetischen Kombination gegeben wird (vgl. W. M. Bayliss, Das Wesen der Enzymwirkung, übersetzt von K. Schorr, Dresden, Steinkopff 1910).

Jene allgemeinen Eigenschaften der lebendigen Substanz, die wir als 3. physiologische bezeichnen wollen, beziehen sich auf die Anlagerung und Bewegung der Teile des Tierkörpers.

Die gegenseitige Anlagerung der Teile erscheint uns im groben als ein Aufbau und eine Vergrößerung der Form im weitesten Sinne, was wir als „Wachstum" bezeichnen. Ebenso wie das Kristallwachstum macht auch das tierische Wachstum den Eindruck einer Selbsttätigkeit der sich formenden Substanz, nicht den eines durch äußere Faktoren aufgeprägten Erleidens. Gehen wir mehr auf die intimen Vorgänge des Wachstums ein, so finden wir das organische Wachstum bedingt durch Teilungsvorgänge der Zellen, die über ein gewisses Maß hinaus gewachsen, sich von selbst teilen, wobei entweder die Teilstücke im

Zusammenhange bleiben oder sich trennen, zur „Fortpflanzung“ führen. Selbstteilung wird auch bei den Kristallen beobachtet (vgl. das folgende Kapitel); aber das organische Wachstum zeigt dadurch wieder eine höhere Komplikation, daß mit der Teilung der Zellen auch eine ganz gesetzmäßige Teilung der im Zellkerne vorhandenen Substanzen, namentlich der Kernstäbchen oder Chromosomen vor sich geht, ferner daß es zur Verteilung verschiedener Substanzen des Zelleibes auf verschiedene Tochterzellen kommen kann, endlich daß die Ablagerungsbedingungen für die geformten Teile andere sind. Während der Kristallbildung meist nichts anderes als die gegenseitige, bestimmt gerichtete Anziehung von Molekülen einer einzelnen chemischen Verbindung zugrunde liegt, handelt es sich beim Aufbau der Zellbestandteile um die Bildung von chemischen Verbindungen, die noch nicht als solche dem Körper zugeführt, sondern erst aus anderen als „Nahrung“ dienenden Stoffen hergestellt werden müssen.

Da die als Nährstoffe zugeführten chemischen Verbindungen dazu dienen, ähnliche Plasmasubstanzen aufzubauen, wie sie das nahrungheischende Tier bereits in seinem Leibe besitzt, so wird dieser Vorgang „Assimilation“ („Verähnlichung“) genannt.

Das Wachstum der Tiere setzt sich also aus mehreren Vorgängen zusammen, die wir schon rein deskriptiv verfolgen können: *a*) die Aufnahme der Nahrung, ein Bewegungsvorgang; *b*) die Zerlegung der Nahrung bei der „Verdauung“, ein chemischer analytischer Prozeß; *c*) der Aufbau der zerlegten Substanzen zu ähnlichen Stoffen, wie sie das betreffende Tier bereits in seinem Körper birgt, chemischer synthetischer Prozeß; *d*) die Angliederung der neu sich bildenden Stoffe an die früher vorhandenen, ein Vorgang, der sowohl an die Adsorption als auch an die Kristallisation erinnert und nicht eine chemische Verbindung zu sein braucht; *e*) der Zerfall der solcherart größer gewordenen Zellbestandteile und Zellen zu Tochterzellen, welcher mit charakteristischen Bewegungen der Kernschleifen, Kerne und ganzen Zellen (vgl. Bd. 1, Kap. IV—VI) verknüpft ist.

Nicht minder charakteristisch als die zum Aufbau verschieden zusammengesetzten Materials in bestimmten Richtungen führenden Wachstumsbewegungen erscheinen uns die mit den Verrichtungen der gebildeten Organe zusammenhängenden Ortsveränderungen einzelner Körperteile oder der ganzen Tiere. Von der einfachen Kontraktion einer berührten Amöbe bis zur Aus-

führung eines komplizierten „Instinktes“ oder unserer eigenen Willensakte erhalten wir stets den Eindruck, als ob wenigstens die Bewegungen der ganzen Tiere von innen heraus, spontan erfolgen, obzwar anderseits die Beziehung des Reizerfolges zu dem von außen kommenden Reize oft klar zutage liegt. Die Ursache für unsere Eindrücke ist in der unwillkürlichen Analogisierung der Tierbewegungen mit unseren eigenen zu suchen, welche wir zwar als Folgen äußerer Wahrnehmungen, nicht aber als deren direkte und ausschließliche Einwirkung kennen. Spielen doch bei unseren Entschließungen auch frühere Wahrnehmungen, deren wir uns bewußt oder unbewußt erinnern, eine große Rolle.

Die Eigenschaft, Eindrücke früherer Zustände zu bewahren, ist nicht bloß ein Charakteristikum unserer Psyche, sondern wurde auch als eine „allgemeine Eigenschaft der organisierten Materie“ (vgl. E. Hering, Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie, Vortrag der kais. Akad. d. Wiss. 30. Mai 1870, 2. Aufl., Wien, Gerolds Sohn 1876; R. Semon, Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens, 3. Aufl., Leipzig, Engelmann 1911; Die mnemischen Empfindungen, erste Fortsetzung der Mneme, ebenda 1909) angesprochen.

Die allgemein den Lebewesen zukommenden physiologischen Eigenschaften der Kontraktilität, Irritabilität und Erinnerung (Mneme) lassen eine deutliche Abhängigkeit von der morphologischen und chemischen Struktur erkennen, wie sich aus den in der Folge zu berichtenden Versuchen ergeben wird, namentlich dann, wenn wir den kolloidalen Zustand des Plasmas berücksichtigen.

In neuester Zeit ist mehrfach die Behauptung aufgestellt worden, daß für die Lebewesen der sogenannte zweite Energiesatz keine Gültigkeit besitze. Dieser zweite Hauptsatz besagt, daß bei allen Vorgängen die Wirkungsfähigkeit oder Intensität der Energie abnimmt, während die Quantität oder Entropie zunimmt. Wir werden daher die den Lebensvorgängen zukommenden Energieverhältnisse an der Hand der Experimente zu untersuchen haben. Dabei soll auch zur Sprache kommen, ob es von Vorteil ist, eine eigene Lebensenergie oder deren mehrere aufzustellen. Als Grundsatz wird dabei gelten, daß eine solche Aufstellung für uns nur dann einen Wert hat, wenn ihre Umwandlungsfähigkeit in eine andere, quantitativ bestimmbare Energie nachgewiesen werden kann.

Niemand zweifelt daran, daß Energien auf den lebenden Körper einwirken, denselben „reizen“ und daß der Organismus auf den Reiz hin und mit verschiedenartigen Reaktionen antwortet.

Wollen wir eine klare Vorstellung vom Reizleben erhalten, so ist es wichtig, zunächst festzusetzen, was wir unter Reizwirkung verstehen sollen. Die Übertragung eines Stoßes von einer Billardkugel auf die andere wird niemand als Reizwirkung bezeichnen. Hier wird eine Energiemenge einer bestimmten Energieart (kinetische) auf einen andern Körper ohne wesentliche Veränderung ihrer Menge und Art übertragen, abgesehen von der nach dem zweiten Hauptsatz erfolgenden teilweisen Verminderung durch Umwandlung in weniger wirksame Energie (Erwärmung der Kugeln). Steht dieser direkten Übertragung ein Hindernis, z. B. Unmöglichkeit der getroffenen Kugeln, ihre Lage zu ändern, entgegen, so kann es zur Umwandlung des ganzen Betrages der Energie einer Art (hier kinetische Energie) in eine äquivalente Menge Energie einer andern Art (hier Wärme) kommen. Aber auch diese Umformung wird niemand als Reizwirkung betrachten. Es kann ferner geschehen, daß durch den Anprall einer Kugel eine zweite ihrer Unterstützungsfläche beraubt wird und nun in freiem Falle eine wesentlich größere Energiemenge zur Wirkung zu bringen imstande ist, als dem Stoße innewohnte. Diese Vermehrung der Energiemenge ist nach dem ersten energetischen Hauptsatze, Satz von der Erhaltung der Energie, bloß dann möglich, wenn der gestoßenen Kugel eine latente Energie (hier jene der „Lage“) innewohnte, die hier durch den Stoß zur Auslösung gelangte, weil die ihrer Umwandlung in freie, kinetische Energie entgegenstehende Unterstützung beseitigt worden war. Die Auslösung einer größeren Energiemenge durch eine geringere treffen wir ebenfalls bei den Reizwirkungen an. Sehr häufig ist es aber zugleich nicht dieselbe Art der Energie, welche als Reiz und als Reizwirkung erscheint.

Ein Lichtstrahl, der eine Augenbewegung des Menschen oder eine Ortsbewegung eines niederen Tieres auslöst, führt strahlende Energie zu, welche im Tierkörper zunächst Umformung in chemische Energie erleidet, die dann wieder uns noch unbekannte Transformationen auslöst, welche endlich als kinetische Energie in der Bewegung sich kundgeben, oft in einer die einwirkende Energie weit übersteigenden Menge. Ich möchte daher die Reizwirkung nicht als eine einfache Auslösung bezeichnen,

sondern als eine zugleich mit Umwandlungen der Energie verknüpfte, also „transformatorische Auslösung“. Demgemäß wäre nicht jeder äußere Faktor als Reiz für ein bestimmtes Objekt zu bezeichnen, sondern bloß ein solcher Faktor, der unter Umwandlung in eine andere Energieform einen Vorgang auszulösen imstande wäre (der selbst wieder weiteren Energiearten angehören kann). Noch eine weitere Eigenschaft kommt den meisten Reizwirkungen zu, welche sie von einer gewöhnlichen Auslösung unterscheidet; es ist dies die schrittweise Reaktion auf den einwirkenden Reiz: der unterstützte Körper, welcher plötzlich der Unterlage beraubt wird, fällt sogleich mit der ihm innewohnenden latenten Energie der Lage und es ist hierbei gleichgültig, wie groß die Kraft war, die seine Unterlage beseitigt hatte, sobald sie nur imstande war, dies überhaupt zu tun. Hingegen wird die Stärke der Reaktion eines Organismus sich bis zu einem gewissen Grade von der Stärke des einwirkenden Reizes abhängig zeigen.

Bei allen Untersuchungen über die Vitalität müssen wir trachten, das subjektive Moment, die nur an uns selbst zu beobachtenden „Empfindungen“ ganz aus dem Spiele zu lassen. Hier liegt eine mehrfache Fehlerquelle: einerseits werden wir leicht durch Analogisieren verleitet, den Tieren Empfindungen zuzuschreiben, die den unseren gleichen, aber sich nicht nachweisen lassen; anderseits liegt für manchen die Gefahr vor, einen willkürlichen Unterschied zwischen Tier und Mensch zu konstruieren, gerade weil der erste Fehler vermieden werden will, die Empfindungen des Menschen uns aber bekannt sind. Ich habe stets die Ansicht vertreten, daß wir bei Vergleichung der tierischen und menschlichen Reaktionen auch die Empfindung des Menschen zunächst nicht in Betracht ziehen sollen. Haben wir uns aber durch Versuche überzeugt, wie unter gleichen Bedingungen Menschen und Tiere reagieren, dann dürfen wir durch vorsichtige Vergleichung der mit der Entwicklungshöhe der Tiere schrittweise zunehmenden Ähnlichkeit der Reaktionen mit jenen des Menschen auch auf mehr minder ähnliche Empfindungen schließen.

Kapitel I.

Entstehung und Nachahmung des Lebens (Plasmogenie).

(Hierzu Tafel I.)

Von den zwei Wegen, welche uns zu Vorstellungen über das erste Entstehen des Lebens auf unseren Planeten führen könnten, würde der eine im Falle einer positiven Bewahrheitung bloß eine Rückverschiebung des Problems bedeuten: ich meine die Hypothese der organischen Keime, welche von anderen Planeten (oder gar Sonnensystemen) her auf unsere Erde gedrungen sein sollen.

Die Hypothese selbst, welche von Lord Kelvin, Cohn, Richter und anderen vertreten und von Arrhenius (1907) unter Herbeiziehung des Strahlungsdruckes zu einer Theorie ausgebaut worden ist, wurde wiederholt durch Untersuchung von Meteoriten auf organische Überreste hin zu stützen gesucht. Den negativen Resultaten von Gümbel (1878), der die Hoffnung auf positiven Erfolg dennoch nicht aufgegeben hatte, stellte Hahn (1880) seine an organische Formen erinnernden Schliffe aus Meteoriten als positive Ergebnisse gegenüber, die sich aber ebensogut oder vielmehr noch besser als anorganische Dendriten, ähnlich den Moosfiguren vieler Gesteine erklären lassen. Es wäre auch selbst für Anhänger der Meteoritentheorie schwer anzunehmen, daß höher entwickelte Organismen als die allerkleinsten Mikroben die Erde noch in lebensfähigem Zustand erreichen könnten, da ja größere Meteorstücke beim Betreten der Atmosphäre in glühenden Zustand geraten. Auch der Vorschlag von Ward (1904), die Meteoriten durch Pulverisierung einer Portion aus dem Innern und chemische Untersuchung als Träger organisierter Materie zu erweisen, ist zwar an sich interessant, würde aber selbst bei

positivem Resultate die Frage nicht zu lösen imstande sein, ob organische Keime lebend auf unsere Erde gelangen können, sondern nur eventuell das Vorhandensein von Organismen auf anderen Himmelskörpern wahrscheinlich machen. Es müßte vielmehr gelingen, unter Einhaltung strengster aseptischer Bedingungen aus dem Inhalte frisch gefallener Meteoriten Mikroorganismen herauszuzüchten.

Die Versuchsmethode müßte also dieselbe sein, welche für den zweiten Weg zur Erforschung der ersten Entstehung des Lebens auf der Erde verlangt werden muß: nämlich für die künstliche Darstellung von Organismen aus leblosen Produkten, der sogenannten Urzeugung oder Generatio spontanea. Jeder derartige Versuch, welcher nicht unter Bedingungen durchgeführt wird, die ein Eindringen von Keimen aus der Luft oder anderen angrenzenden Medien völlig ausschließt, wird kein einwandfreies Resultat liefern. Darin bestand eben das Verdienst von Redi (1664—1690), daß er die bis dahin geglaubte Entstehung von Tieren aus scheinbar leblosen Stoffen auf die Anwesenheit der Keime dadurch zurückzuführen imstande war, daß bei Ausschluß solcher keine Tiere sich mehr entwickelten. Pasteur (1863) dehnte diese Erkenntnis durch Anwendung rigoroser Sterilisierung der Kulturböden auch auf die niedrigsten Mikroorganismen aus. Wie aber öfter nicht mit Unrecht eingewendet worden war, kann der Nachweis einer Urzeugung gerade daran scheitern, daß die rigorose Sterilisierung nicht bloß etwa vorhandene lebende Keime, sondern auch die zu ihrer Entstehung notwendigen Vorstufen zerstört oder ihres organismenbildenden Zustandes beraubt.

Sind wir also gegenwärtig weder imstande, ein Lebewesen in Bausch und Bogen neu entstehen zu lassen, noch auch eine anorganische Entstehung auf unserer Erde zu leugnen, so müssen wir zur Erforschung des Lebenszustandes uns noch mit der Analyse seiner einzelnen Eigenschaften begnügen und eine möglichst weitgehende Nachahmung versuchen.

Da wir keine anderen als zellige Lebewesen kennen, so bietet uns die Herstellung künstlicher Zellen Interesse. Nachdem Traube (1866, vgl. 1899) Systeme gefunden hatte, welche die osmotischen Eigenschaften mit den organischen Zellen teilten, sind solche in neuerer Zeit namentlich von Quincke (1902) und Leduc (1902, 1905, 1906, 1910), ferner von Stadelmann (1905, 1906)

u. a. in verschiedenster Weise mit anorganischen Stoffen dargestellt worden und ihre außerordentliche Formmannigfaltigkeit haben die letztgenannten zwei Autoren dazu verleitet, darin Analogien zu den organischen Formen höchster Art, von Pflanzen und selbst Wirbeltieren zu erblicken. Tatsächlich handelt es sich bloß um das Auftreten von Grenzmembranen an der Berührungsstelle von zwei verschiedenen Stoffen in einer Lösung und um das Heranwachsen der umhüllten Teile infolge der durch die Membran passierenden Flüssigkeit, wobei die Störungen, hervorgerufen durch Temperatur, Dichtigkeitsverschiedenheit und andere, in der Versuchsanordnung gelegene Umstände, bei Stadelmann ein elektrischer Strom, die verschiedenen champignonhut- [Taf. I, Fig. 1], ast- und gliedmaßenähnlichen Auswüchse [I, 2] veranlassen.

Diese Formen entstehen nicht durch die Teilung der ersten Zelle in mehrere, wie dies bei den Organismen bei der Körperentwicklung der Metazoen und bei der Fortpflanzung überhaupt der Fall ist, wenngleich das Endbild öfter einem Zellaggregate ähnlich sieht [I, 3] oder eine Zelle auf einmal in viele Teile sich zerklüftet. Es ist aber auch gelungen, anorganische Systeme zu erhalten, welche neben dem Heranwachsen durch osmotische Flüssigkeitsaufnahme auch die Teilung in mehrere Zellen aufweisen. Solche Gebilde sind die Vakuoliden von Dubois (1904, 1905) [I, 4] und die Radioben von Burke (1903, 1906) [I, 5], letztere durch die Einwirkung von Radium auf sterile Gelatine, erstere durch unorganische Salze von Radium, Barium und Magnesium auf organische Medien erhalten. Die Vakuoliden oder Eoben furchen sich zunächst in zwei, dann in vier, endlich in eine große Anzahl von Teilen, ohne daß sie während der Furchung sich vergrößern würden. Die Radioben schnüren sich zunächst in zwei rundliche Teile, welche unter Ausbildung einer zusammenhängenden inneren Verbindung heranwachsen und später in vier Segmente mit scharfen Grenzlinien zerfallen.

Beide Kategorien von Gebilden gehen schließlich in den kristallisierten Zustand über.

Auch Lehmanns (1904, 1906) fließende Kristalle vermögen Selbstteilung zu vollziehen, wobei beide Teile wieder alle Charaktere des Kristalls aufweisen [I, 6].

Wahrscheinlich beginnen die meisten Kristallisationen mit tropfenförmigen Stadien (Globuliten), welche sogar eine Schichtung in eine äußere und eine innere Schichte erkennen lassen können,

wie bei Versuchen v. Schroens (1899, vgl. 1907) an verschiedenen kohlenstoffhaltigen Verbindungen. Eine Analogisierung des inneren Kernes mit dem Kerne der lebenden Zellen ist nicht statthaft, da es sich bei ersteren nicht nachweislich um chemisch verschiedene Stoffe handelt, wie es Zellkern und Zellplasma darstellen. Auch zeigt sich bei den vorkommenden Spaltungen der Kristalle keine besondere Beziehung des Kernes zu diesen Vorgängen, wie es bei den Organismen in der Karyokinese fast regelmäßig der Fall ist.

Es fehlt nicht an Versuchen, die mitotischen Figuren und die ganze Karyokinese mit nicht lebendem Materiale nachzuahmen, die ich bereits in der „Embryogenese“ (Experimentalzoologie, I, S. 31) angeführt habe; allein diese Versuche arbeiten stets mit Kräften (Elektroden, Magneten, Federn usf.), welche außerhalb des zu teilenden Systems liegen und daher für die Organismen kaum in Betracht kommen können. Auch ist für die meisten derartigen Suppositionen die Gleichartigkeit der beiden Pole der Karyokinese ein Hindernis. Berücksichtigt man die halbflüssige und kolloidale Natur der plasmatischen Zellen, so wird (in Übereinstimmung mit der in der Embryogenese gegebenen Theorie der Mitosen) das von Leduc (1902, 1903, 1905, 1912) angegebene Modell zweier gleicher, daher sich abstoßender Pole eines Diffusionskraftfeldes am besten die Strahlungsfiguren und die an deren Äquatorialzone stattfindende Teilungstendenz versinnbildlichen. Leduc verwendet zwei Tropfen Tusche [I, 7] oder Blut [I, 8], welche in einer Kochsalzlösung schwimmen; beide wirken als osmotische Anziehungspole, wie es bei den Zellteilungen die Pole der Kernteilungsspindel tun.

Da auch die Spaltung der Chromosomen in der Spaltbarkeit der Kristalle ihre Parallele findet, so sind uns nunmehr die Teilerscheinungen der Mitose ohne Annahme rätselhafter Vorgänge verständlich, insoferne es sich um die jedesmalige Ingangsetzung des in seinen Bestandteilen durch die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Zellen vorbereiteten Betriebes handelt. Nicht einzusehen vermögen wir bis jetzt noch, wieso die verschiedenen Teile, die Stoffe des Zellkernes sowie jene des Zellplasmas, zu einem solchen Systeme zusammentreten konnten, ein Problem, das mit jenem der Urzeugung zusammenfällt.

Vielleicht wird in der Vereinigung der verschiedenen Bedingungen, welche die Teilvorgänge der mitotischen Teilungen

nachahmen, in ein und demselben Versuche ein weiterer Fortschritt in der Nachahmung der im lebendigen Organismus herrschenden Verhältnisse sich erzielen lassen.

Die Heterogeneität des Plasmas, und zwar sowohl des Zelleibes als auch des Kernes, wurde namentlich durch Bütschli (1892) mit Schäumen nachzuahmen gesucht, welche eine wabenartige Struktur annehmen [I, 9], deren Wabenwände aus einer festen, deren Wabeninhalt aus einer weniger festen Phase bestehen. Nicht nur die ganzen Zellen, sondern namentlich die Struktur des Zell- und Kernplasmas selbst sollte ein solches System von Kammern sein, welche nach Hofmeisters (1902) Idee eine Reihe getrennter chemischer Laboratorien für die verschiedenen von Organismen benötigten Stoffe sein sollte. Abgesehen von den (in der Einleitung) bereits besprochenen Gründen theoretischer Natur ist die direkte Widerlegung durch die ultramikroskopische Untersuchung von Plasma erfolgt, das im lebenden Zustande keine irgend angedeutete Wabenstruktur erkennen ließ (vgl. Schaeffer 1912).

Die Heterogeneität in der lebenden Zelle bezieht sich also in erster Linie bloß auf Kern und Zelleib. Ein Modell der Teilungsfähigkeit der lebenden Substanz müßte die Fähigkeit zeigen, zwei gesonderte Stoffe in ähnlicher Weise vereinigt zu enthalten und beide unter Vermittlung innerer Kräfte teilen und die Teilprodukte auf die neuen Zellen regelmäßig verteilen zu können.

Wie es nicht die Selbstteilung an sich ist, welche unserem Verständnis Schwierigkeiten bereitet, sondern die Komplikation durch das heterogene System, so sind auch andere Eigenschaften im einzelnen leicht durch anorganische Prozesse nachzuahmen und bereiten uns erst beim komplizierten Systeme Hindernisse.

So leuchtet uns die Vermehrung der Substanz beim Kristallwachstum ein und auch die Vergrößerung einer künstlichen Zelle durch osmotische Vorgänge glauben wir zu verstehen (viele Kristalle wachsen wenigstens anfänglich durch Intussuszeption); wieso hingegen eine Amöbe ihre Nahrung, welche nicht mit ihr identisch ist, aufnimmt, verdaut, assimiliert und die unverdaulichen Reste ausscheidet, erscheint uns als eine besondere Reihe von Problemen.

Es ist das Verdienst von Rhumbler (1898), durch genaue Beobachtung loboser Rhizopoden zu einer Nachahmung der hier noch einfachen Prozesse der Bewegung, Nahrungsaufnahme, De-

fäkation, ferner der Vakuolenpulsation und des Gehäusebaues durch anorganische Mittel gelangt zu sein:

Wird ein Glasfaden [I, 10] mit einem Schellackmantel überzogen und in die Nähe eines im Wasser suspendierten Chloroformtropfens gebracht, so beraubt der Chloroformtropfen den Glasfaden seines Mantels und wirft den beraubten Faden wieder nach außen ab. Er „handelt“ also analog einer Amöbe, welche eine Diatomee frißt. In beiden Fällen scheint die Einfuhr an die Anwesenheit, die Ausfuhr an die Abwesenheit der löslichen Substanz geknüpft. Da zwischen der löslichen und der zu lösenden Substanz eine große Adhäsion bestehen muß, so wird diese Adhäsion den Import von Fremdkörpern erleichtern, die lösliche Teile enthalten; sobald aber alle löslichen Teile entfernt sind, wird die Adhäsion zwischen dem Reste des importierten Körpers und dem aufnehmenden Körper geringer sein als zwischen den Teilen des letzteren untereinander und der Fremdkörper wird wieder hinausbefördert werden. So erklärt es sich auch, daß Amöben an toten Diatomeen, die keine leicht löslichen Teile mehr enthalten werden, vorübergehen, während sie lebende derselben Art aufnehmen.

Pulsierende Vakuolen, die Abscheidung flüssiger und gasförmiger Stoffe konnte Rhumbler ebenfalls an Chloroformtropfen in Wasser beobachten [I, 11]: offenbar besitzt das in den Tropfen osmotisch ein- und austretende Wasser verschiedene Stoffe gelöst, die seine Adhäsion verändern; Rhumbler meint, daß es aus dem Chloroformtropfen Alkohol und saure, durch das Licht entstandene Zersetzungsprodukte im Tropfen löst und dann aus demselben austritt. Ich möchte hier einschalten, daß die Teilung eines solchen Tropfens ebenso zwei Tropfen mit je einer pulsierenden Vakuole liefern konnte, wie ein sich teilendes oder auch künstlich entzweigeschnittenes Urtier deren je eine in jedem Teilstücke zu entwickeln imstande ist.

Über den Gehäusebau der Amöbe muß zunächst zum Verständnisse des folgenden gesagt werden, daß es sich hierbei um die Anlagerung von Fremdkörpern, nicht um die Produktion eigener Substanzen, wie etwa bei den Schneckengehäusen, handelt. Diese Anlagerung geschieht durch Aufnahme von Fremdkörpern, die dann bei der Tochterbildung der Testazeen an die Oberfläche gelangen und hier einen regelmäßigen Überzug bilden. Wir haben bei der Besprechung der Defäkation gesehen, daß

ein Chloroformtropfen im Wasser einen eingeführten Glasfaden an seine Oberfläche befördert. Wählt man statt des Glasfadens breitere, flache Glassplitter, wie Deckglassplitter, so haftet das Glas der Oberfläche an. Schleudert man kleine, mit Deckglassplittern zerriebene Chloroformtröpfchen von der spitzen Pipette in Wasser ab und prüft dann die abgeschleuderten Tropfen unter dem Mikroskop, so gewahrt man sämtliche Tröpfchen mit einer dichten, gehäuseartigen Glassplitterdecke überzogen [I, 12], die ebenso wie bei der Testazee ein bausteinartiges Gefüge aufweist.

Wird ein Wassertropfen mit Glassplittern verrieben und in Chloroform eingetragen, so können die zunächst im Innern des Wassertropfens liegenden Glassplitter zur Bildung eines äußeren Glasgehäuses sich zusammenschließen, sobald mit einer feinen Nadel wenige derselben mit der Oberfläche in Berührung gesetzt worden waren [I, 13].

Um auch den mit der Nadel zu gebenden äußeren Impuls zu vermeiden, kann man einen Chloroformtropfen mit Glassplittern verreiben, die zuvor durch wiederholtes Baden in Schellack und nachherige Trocknung mit einer Schellackschichte überzogen worden sind. Der mit den schellackbeladenen Glassplittern versetzte Chloroformtropfen wird in Wasser eingetragen. Sobald sich der Schellacküberzug im Chloroform zu lösen beginnt, steigen die Glassplitter an die Oberfläche des Tropfens und schließen sich zusammen [I, 14].

Rhumblers Analogien lassen einen Punkt im unklaren, wieso es nämlich zur Annährung der Amöben gerade an die zur Nahrung dienenden Körper überhaupt kommt. Wie auch diese und andere Lokomotionsvorgänge sich auf die dem Stoffwechsel zugrunde liegenden chemischen Vorgänge beziehen lassen, ist von Berthold (1886), Dreyer (1892) und Jensen (1902) erläutert worden: eine Verminderung des Oberflächendruckes an irgend einer Stelle einer kugelförmigen Amöbe wird zum Austreten, „Ausstrecken“, eines Pseudopodiums nach dieser Richtung hinführen. Wirkt also ein Reiz, z. B. die von einem löslichen Körper stets ausgehenden Stoffpartikelchen, im Sinne einer Verminderung des Oberflächendruckes einer Amöbe, so wird nach der Richtung des löslichen Körpers ein Vorfließen des Plasmas stattfinden. Im Falle der lösliche Körper eine Nahrung abgeben kann, wird er wahrscheinlich immer eine Erniedrigung des Oberflächendruckes hervorrufen, da er dann die Assimilation begünstigt,

welche in der Bildung großer Moleküle besteht, von welchen daher weniger auf ein gleiches Raumelement kommen und einen geringeren Druck ausüben. Auch andere, die Assimilation begünstigende äußere Einflüsse werden aus dem gleichen Grunde eine Anziehung auf das Plasma ausüben; umgekehrt werden zerstörende Einflüsse infolge des Zerfalles der großen Moleküle in viele kleinere eine Steigerung des Oberflächendruckes an der ihnen zugewandten Seite des Systems und ein Abfließen desselben in entgegengesetzter Richtung bewirken können.

In neuester Zeit demonstrierte Leduc (1912) das Vorfließen einer hypotonischen künstlichen Zelle in einer nicht gesättigten Kaliumnitratlösung gegen einen in einiger Entfernung in die Lösung gesetzten Kaliumnitratkristall [I, 15]. Alkoholdämpfe bewirken im Gegenteile ein Wegfließen. Wird in eine Salzlösung ein mit Tusche versetzter Wassertropfen zur Hälfte dem Lichte, zur Hälfte dem Dunkel ausgesetzt, so fliehen die Tuscheteilchen aus dem Lichte und sammeln sich im Dunkeln (Leduc 1912.) [I, 16].

Die Zuwendung zum Licht zeigen die von Quincke (1902) studierten anorganischen Vegetationen: aus Kristallen von Eisenvitriol entwickelten sich in einem Glastrog mit Ferrozyankaliumlösung vom spezifischen Gewicht 1·047 oder 1·024, 1·012, 1·006 übereinandergeschichtet zahlreiche blaugrüne Äste von Kaliumferroferrozyanid [I, 17]. Die Äste zeigten bei Tages- und Auerlicht positive „Photodromie“, d. h. sie krochen an der Lichtseite der Glaswand empor. Bei starkem Sonnenlicht neigte sich die ganze Masse nach der belichteten Trogwand und klebte endlich dort fest. Diesem „Heliotropismus“ ähnlich ist jener von Kalksalzvegetationen und Quincke erklärt ihn aus der abnehmenden Viskosität der Vegetation bei steigender Erwärmung durch die Strahlen, wodurch ein Vorfließen zu den erwärmten Stellen stattfindet. Sind wir imstande, Stoffauf- und abgabe, Wachstum, Teilung, Bewegung und deren Bestimmung durch einen, nicht mit der direkten Wirkung des äußeren Faktors erledigten „Reizes“ durch anorganische Mittel nachzuahmen, so bleibt uns noch zu zeigen, daß auch die Eigenschaft des Gedächtnisses, im elementarsten Sinne aufgefaßt als Bewahrung eines Eindruckes auch nach Aufhören seiner Einwirkung und Wiederherstellung der alten Bedingungen, nicht bloß dem Lebendigen zukommt. Ein solches Beispiel liefert die Überschmelzung und Unterkühlung.

Namentlich bei den Kolloiden können diese infolge der Trägheit der kolloidalen Zustandsänderungen, wie Pauli (1902) ausgeführt hat, trotz sorgfältig geregelter Zufuhr und Verteilung der Wärme eintreten: Gelatine, deren Temperatur zwischen Schmelz- und Erstarrpunkt gelegen ist, zeigen infolgedessen ein eigentümliches Verhalten. Führen wir eine solche Gelatine über den Erstarrpunkt langsam zurück zur Ausgangstemperatur, so ist sie fest; bringen wir dieselbe jedoch über den Schmelzpunkt auf ihren ursprünglichen Wärmegrad, so ist sie flüssig. Eine erlittene Zustandsänderung prägt also ihre Spur dem Kolloide auf und bestimmt den Endzustand.

Einen ähnlichen Fall beschrieb Ewell (1903): Geht linear polarisiertes Licht durch Gelatine hindurch, die in einem Gummischlauch einer Torsion ausgesetzt ist, so erfährt die Polarisationsebene eine Rotation in einer zur Torsion entgegengesetzten Richtung. Die Vorgeschichte der Gelatine hat einen eigenartigen Einfluß: fortgesetzte vorherige Torsion erhöht die Rotation bei unmittelbar darauffolgender geringerer Torsion in beiden Richtungen, hat jedoch auf eine größere Torsion nur geringen Einfluß. Eine schnelle Aufeinanderfolge von Torsionen in entgegengesetzten Richtungen und von kurzer Dauer hat nur geringe Wirkung.

„Es gelingt, die einzelnen objektiven Eigenschaften der lebendigen Substanz meist auch mit anorganischem Materiale nachzuahmen.“

Kapitel II.

Form der Lebewesen (Blasen- und Kolloidform).

(Hierzu Tafel II.)

Nachdem wir für die Analyse der einzelnen, allgemeinen Eigenschaften der Lebewesen in der anorganischen Welt Anhaltspunkte gefunden haben, wenden wir uns nun den Organismen selbst zu und trachten zunächst ihre morphologischen Charaktere auf bekannte Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen.

Wir haben den Aggregatzustand des Protoplasmas als einen zähflüssigen bis weichen bezeichnet, der noch bis zu einem

gewissen Grade den für Flüssigkeiten geltenden Oberflächenspannungsgesetzen zu gehorchen vermag.

Betrachten wir eine Amöbe oder ein sich furchendes Ei (vgl. Embryogenese Kapitel VI) eines Metazoon, so werden wir nicht daran zweifeln, daß für die uns entgegentretenden abgerundeten Formen dasselbe Moment maßgebend ist wie für Tropfen einer leblosen Flüssigkeit. Auch der in bestimmten Richtungen wesentlich von der Kugelform abweichende Leib eines bewimperten Infusors oder ein Metazoon, das wenig Stützsubstanzen besitzt, etwa ein Polyp oder ein Strudelwurm, werden noch in den abgerundeten Formen den fließenden Charakter deutlich zutage treten lassen.

Anders verhält es sich jedoch, wenn wir Protozoen oder Metazoen mit ganz besonders gestalteten äußeren oder inneren Gerüsten ausgestattet sehen, an denen wir nicht nur infolge ihrer Härte von einem fließend weichen Zustande nichts erkennen können, sondern auch oft in den schroffen, starren Formen zunächst jede Beziehung zum flüssigen Aggregatzustande vermissen.

Um Verständnis für diese Formbildung zu gewinnen, nehmen wir die einfachste organische Gehäuseform der Einzelligen, wie sie Saccamina [II, 1] aufweist, zum Ausgangspunkte. Dieses Gehäuse besteht aus einer nahezu kugeligen, jedoch in einer Richtung etwas ausgezogenen Pseudochitinschale. Am Ende der vorgezogenen Seite befindet sich die Mündung, aus welcher das Plasma der Foraminifere hervorzuquellen vermag.

Sodann gibt es spiralförmige Formen [II, 2 u. 3]. Alle diese können mit anorganischen Mitteln nachgeahmt werden: Übergießt man 0·1—3 *mm* große Quecksilbertröpfchen in einer flachen Schale (mit horizontalem Boden) mit Wasser und fügt man dann dem Wasser soviel kristallisierte Chromsäure in möglichst unregelmäßiger Einstreuung zu, als nötig ist, um eine $5^0/_0$ ige Chromsäure zu erhalten, so überdecken sich die Quecksilbertröpfchen mit einer festen kristallinischen Hülldecke (der Hauptsache nach von Quecksilberoxydulchromat), unter deren Druck die Tropfen ihre ursprüngliche Gestalt verlassen, und nehmen nun im Laufe von $1\frac{1}{2}$ bis 3 Tagen alle wesentlichen Formen der monothalamen Foraminiferenschalen an, die von der festwerdenden Hülldecke oft mit größter Treue kopiert werden. An Stelle der Mündung findet man auch bei diesen Quecksilber-

exkreszenzen stets an einer der jeweiligen Foraminifere, die in Nachahmung vorliegt, genau entsprechenden Stelle eine Öffnung, aus welcher die von dem Wachstumsdruck der Hülle hervorgepreßte Quecksilberkuppe aus der sonst braunroten Decke hervorglitzert [II, 1*a*, 2*a*, 3*a*] (Rhumbler 1902, 1909—1911). Das Hervorpressen des Quecksilbers geschieht nämlich durch das Dickerwerden der entstehenden Hüllschichte von Quecksilberoxydulchromat, weil dieses infolge seines höheren Atomvolumens mehr Raum beansprucht als Quecksilber allein. An welcher Stelle das Hervorbrechen des Quecksilbers geschieht, ist von einer Zufälligkeit, nämlich der Verteilung der Chromsäure im Wasser abhängig. Bei den Foraminiferen ist möglicherweise keine zufällige, sondern eine in der Zusammensetzung des Plasmaleibes (der Sarkode) gelegene Spannungsdifferenz für das Vorfließen des Plasmas an einer bestimmten Stelle der Mündung verantwortlich.

„Da ... der vorderste Scheitel der aus der Mündung vortretenden Quecksilberkuppe derjenige ist, der im weiteren Verlaufe stets die kürzeste Zeit unter der Einwirkung der Chromsäure steht und darum am dünnsten und am wenigsten widerstandsfähig ist, so wird diese Kuppe immer wieder aufs neue vom Quecksilber durchbrochen, und es wird auf diese Weise ganz allmählich ein Quecksilberfaden aus dem Gehäuse hervorgedrückt, der mit der kugeligen Anfangskammer zusammen das vollendete Rhabdammina-Stadium kopiert“ [II, 4*a*].

Ganz ähnlich ist z. B. das Gehäuse von Rhabdammina linearis [II, 4], während Rh. discreta periodische Anschwellungen des Gehäuses aufweist [II, 5]. Auch diese Periodizität kommt bei den Quecksilberexkreszenzen vor [II, 5*a*], wahrscheinlich durch zeitweilige Stockungen im Quecksilbervormarsche bedingt, welche von rascherem Vorfließen nach Überwindung des entgegengestandenen Hindernisses gefolgt sind (Rhumbler 1909—1911). Vielleicht ist für die Stockungen das Reißen des Quecksilberfadens maßgebend, das eintreten wird, wenn seine Länge im Verhältnis zur Breite ein gewisses Maß überschreitet (nach Plateau 1873 und Berthold 1886, wenn die Länge das Sechsfache der Breite überschritten hat).

Bei der Segmentierung der Rh. discreta wird das abwechselnd langsamere und raschere Wachstum durch physiologische Zustände bedingt sein, welche einerseits mit der che-

mischen Inhomogenität, anderseits mit periodischen Einflüssen äußerer Faktoren zusammenhängen (doch könnte auch hier Adhäsionstrennung eine Rolle spielen).

Wir gelangen nun zu komplizierteren Formen, wenn das Wachstum periodisch völlig sistiert, wodurch aus der Segmentierung eine Kammerung wird. Ist nämlich die Schale bis auf eine sehr kleine Öffnung um die Sarkode geschlossen, so muß nach den Flüssigkeitsgesetzen bei Wiederausfluß des Plasmas sich dieses über den Mündungsrand umschlagen, da derselbe bereits vollkommen erstarrt ist und daher für die Adhäsion des Plasmas ein „Flußbett“ abgibt. Da sich die Größe der Adhäsion zwischen zwei Substanzen unter sonst gleichen Bedingungen gleich bleibt, so berührt die gleiche Flüssigkeit ein und dieselbe Art von festen Wänden immer unter demselben Winkel, den man als Randwinkel bezeichnet [II, 7*a*]. „Tritt also die Sarkode beim Kammeraufbau auf die Außenseite der früher gebildeten Schalenwand über, so muß sie als Flüssigkeit mit dieser festen Schalenwand konstante Randwinkel bilden und diese Randwinkel müssen sich in der später fertig gebildeten Kammer in Gestalt des Winkels erkennen lassen, den jede spätere Kammerwand mit der betreffenden früheren Kammerwand, der sie gerade aufsitzt, bildet. Die Konstanz homologer Randwinkel ist das neue mechanische Moment, das die polythalamen vor den monothalamen Schalen voraus haben.“ Durch Messungen an zahlreichen Arten von Foraminiferen läßt sich die Konstanz der Randwinkel beweisen, die je nach der Artangehörigkeit einen andern Wert annimmt [II, 6, 7] (Rhumbler 1909—1911).

Dieser Wert wird also von den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Gehäuse- und Sarkodestoffe abhängen. (In dieser Beziehung ist eine Beobachtung von Brandt 1885 interessant, daß Synzytien kolonialer Radiolarien nur dann miteinander zusammenkleben können, wenn sie ein und derselben Art angehören: die Adhäsion ist also auch für verschiedene Arten dieser anderen Protistengruppe eine verschiedene.)

Auf die progressive Größenzunahme der Kammern und die dadurch bedingte regelmäßige Schneckengestalt werden wir später bei Besprechung des „Wachstums“ zurückkommen. Wir wenden uns zunächst jenem Faktor zu, der die Fixierung der durch Oberflächenspannungen entstandenen Gebilde bewirkt.

Es ist dies die „Biokristallisation“ (Haeckel 1872),

nämlich die Ausscheidung von kristallinischen Produkten durch Lebewesen, wobei das Plasma für einige Modifikationen der Kristallbildung verantwortlich ist.

Die von den Foraminiferen abgeschiedenen Kalkschalen unterscheiden sich von den im vorigen Kapitel erwähnten Fremdkörperschalen dadurch, daß der zur Verwendung gelangende, kohlensaure Kalk zunächst im Plasma gelöst vorhanden ist und dann in kristallinischer Form an der Oberfläche der Sarkode zur Abscheidung gelangt. Die Orientierung der Kriställchen ist keine unregelmäßige, sondern sie richtet sich nach den von der Sarkode vorgeschriebenen Modellen. Die Polarisationsbilder lehren, daß die Einzelkriställchen in jeder kugeligen Kammer radiär zum Zentrum angeordnet sind [II, 8] und daher jede Kammer mit einem dunklen Kreuz ausgestattet erscheint, das bei Verlassen der Kugelform [II, 9] in entsprechender Weise verzogen wird. Diese Anordnung ist keine spezifisch vitale, sie wird auch von den Quecksilberhüllen aufgewiesen [vgl. II, 1*a*].

Bei komplizierteren Kammern mit verschieden gelagerten Radiär- und konzentrischen Wänden, wie sie Orbitolites aufweist, ist die Orientierung bloß in den radiär gesichteten eine radiäre, hingegen in den konzentrischen eine tangentiale, wie aus den polariskopischen Untersuchungen (Awerinzew 1903) und aus der direkten Untersuchung an partiell entkalkten Präparaten (Rhumbler 1909—1911) hervorgeht [II, 10]. Hier setzt die noch während der Auskristallisation der Kammern aufquellende Sarkode die konzentrischen Teile unter Druck und zwingt dadurch die Kriställchen, ihre Längsachse senkrecht zur Druckrichtung einzustellen (vgl. hierzu Embryogenese, S. 23: Wirkung von Druck auf die Einstellung von Kernteilungsspindeln). Die Radiärwände erfahren einen Zug, der die radiäre Ablagerung der Kriställchen begünstigt. Wir erhalten also eine Art der Versteinerung des während der Ausbildung einwirkenden Kraftliniensystems, sogenannte „Trajektorien“.

Sind einmal Kristalle in einer bestimmten Orientierung angelegt, so bauen sich weitere Schichten in analoger Orientierung schon wegen der orientierenden Kraft der Kristalle selbst an (orientierte Adsorption, Lehmann 1904). Daher scheidet sich auch an toten Gerüstsubstanzen manchmal kohlensaurer Kalk in derselben Weise ab, wie wenn das Gebilde organisch weiter wachsen würde (Sollas nach Dreyer 1892).

Auf solche Weise können durch das Zusammenwirken von kolloidalen Quellungs- und Kristallisationserscheinungen lange Borsten aus Kalk entstehen, die später beim Verschwinden des Plasmas weit hervorragen. Solche Ornamentik zeigen z. B. die Globigerinen [II, 11]. Die Dekorationen finden sich im Sechseck um die Poren der Schalen herum aufgestellt. Eine Erklärung findet sich bei der Annahme von Wirbeln, welche beim Durchtritte der Sarkode aus den Poren zustandekommen. Solche Wirbel sind an leblosen Flüssigkeiten von B é n a r d (1901) studiert worden: von unten her erwärmtes Paraffin oder Spermazetum, dem Graphit beigemengt wurde, trägt dieses zunächst in der Mitte von Wirbeln, die sich in gleichen Abständen voneinander bilden, empor, um sie dann in den sechs Ecken eines um die Wirbelachse als eingesenkter Delle gelegenen Sechseckes zu deponieren [II, 11*a*].

Haben wir durch Flüssigkeitsbewegungen einen Einblick in die Bildung der äußeren Form bei Foraminiferen erhalten, so scheint doch auf den ersten Blick jeder solche Zusammenhang zu schwinden, wenn wir die gitter- und strahlenförmigen Kieselpanzer der Radiolarien betrachten, die auch durch den Besitz einer „Zentralkapsel“ gegenüber den bisher behandelten Formen eine größere Komplikation aufweisen.

Und doch lassen sich gerade diese Formen als Verkieselung von Wänden verstehen, die ihren Ursprung dem Aneinanderstoßen von Blasen verdanken. „In der lebenden Sarkode organisierter Körper sind Flüssigkeitsblasen — dem eingebürgerten Sprachgebrauche nach Vakuolen genannt — ein sehr verbreitetes Vorkommnis. Besonders häufig finden sich Vakuolenblasen bei den Rhizopoden und geradezu charakteristisch ist schaumiger Bau des Sarkodekörpers für denjenigen Stamm dieser Protistenabteilung, der mit den Heliozoen beginnt und sich in den Radiolarien fortsetzt.“

„Schon bei oberflächlicher Beobachtung der Struktur schaumiger Massen — seien es nun Gemenge zweier flüssiger oder eines gasförmigen mit einer flüssigen Substanz — fallen bestimmte allgemeine Gesetzmäßigkeiten ihres morphologischen Aufbaues in die Augen. Diese Gesetzmäßigkeiten gehören in das weite Gebiet der Flüssigkeitsmechanik, und zwar in das Kapitel der Oberflächenspannung, die man auch, wenn man es, wie wir, augenblicklich speziell mit blasigen Körpern zu tun hat, als

Blasenspannung bezeichnen kann. Als besonders geeignet zur Beobachtung dieser Verhältnisse erweisen sich wegen ihrer verhältnismäßigen Einfachheit und klaren Durchschaubarkeit Gruppen großer Seifenblasen, von deren Betrachtung wir denn auch bei unserer Darstellung der Blasenspannung und der sich aus ihr ergebenden morphologischen Gesetze ausgehen wollen" (Dreyer 1892). Die Wände eines Blasenwerkes verschieben sich so lange gegeneinander, bis die Blasenoberfläche die unter den Umständen kleinst mögliche geworden ist. Es ist dies eine Folge der Oberflächenspannung, welche im Idealfalle die Form mit der für ein gegebenes Volum kleinsten Oberfläche herzustellen strebt, nämlich die Kugelform (Plateau 1873, Berthold 1886). „Hieraus ergeben sich für die Gestaltung jedes Blasenwerkes folgende Hauptregeln:

In jeder Kante stoßen 3 Wände zusammen, welche ebensoviele Blasenräume scheiden. In jedem Eckpunkte stoßen 4 Blasenräume, 6 Wände und 4 Kanten zusammen. Von dem Größenverhältnisse der aneinanderstoßenden Blasenräume sind die Winkel und die Krümmung der Wände und Kanten abhängig. Wenn die 4 einen Eckpunkt umlagernden Blasen gleich groß sind [II, 12 *a*], sind die Wände eben ausgespannt, verlaufen die Kanten geradlinig und sind die Winkel, welche die Wände zwischen sich fassen, gleich, und zwar betragen sie 120°."

„Mit Größendifferenzen der Blasen gehen entsprechende Veränderungen der Winkel und der Krümmung der Wände Hand in Hand [vgl. II, 12 *a*]. Nach einem größeren Blasenraume zu sind die Winkel größer und die Wände konvex gewölbt, nach einem kleineren die Winkel kleiner und die Wände konkav gewölbt."

„Die einen Blasenkomplex von außen abschließenden Wände sind am stärksten gewölbt. Wir können dies als einen Spezialfall den für die Formation des Wandgerüstes innerhalb eines Komplexes aufgestellten Regeln unterordnen, wenn wir die ganze Außenwelt als einen Blasenraum von unendlicher Größe auffassen."

„Zur Beobachtung der Wirkungsweise der Blasenwirkung ist noch ein sehr einfaches und probates Mittel zu empfehlen. Man braucht nur aus einer Bierflasche das Bier teilweise oder ganz auszugießen, so bleibt in dem entleerten Raume das schönste Blasengerüst zurück, an dem sich die eben angegebenen, sich aus der Blasenspannung ergebenden Gesetzmäßigkeiten der Formation des Wandsystems und Kantengerüstes sehr gut beobachten lassen.

Ein solches in einer Flasche befindliches Blasengerüst hat noch den Vorteil der größeren Reichhaltigkeit, da man in ihm zahlreichere neben- und übereinander gebaute Blasen und somit auch ein reicheres Wand- und Kantengerüst von Berührungsflächen erhalten kann, als dies bei auf einer Flüssigkeitsoberfläche frei schwimmenden Blasenkomplexen möglich ist."

„Bis jetzt haben wir die Stärke der Blasenwände vernachlässigt . . . Dies können wir uns auch gestatten, sobald wir es mit großen Blasen zu tun haben, deren Wände aus einer dünnflüssigen Substanz bestehen. Gleich nach der Bildung eines solchen Blasensystems, wie eben unserer Seifenblasengruppen oder des Blasengerüstes in einer Bierflasche, läuft die überschüssige Flüssigkeit, der Schwerkraft folgend, in den Wänden nach unten ab und nur gerade so viel wird durch die Oberflächenspannung zurückgehalten, als zur Bildung dünnster Wandhäutchen nötig ist. Die Verhältnisse ändern sich, sobald die Flüssigkeit dickflüssiger und zäher und die Blasen kleiner sind. Dann bleibt in den Blasenwänden, wenn anders solches vorhanden ist, mehr Material haften. Dasselbe verteilt sich jedoch nun nicht mehr gleichmäßig in den Wänden, um diese etwa zu gleichmäßig dicken Platten zu verstärken, die scharfkantig aneinanderstoßen und die Formverhältnisse der dünnen Blasenhäute bewahren, sondern die Verteilung und Anlagerung des überschüssigen Materials geschieht, in bezug auf die Formation dünner Blasenwände wenigstens, ungleichmäßig, wenngleich streng gesetzmäßig insofern, als in erster Linie die Ecken, in zweiter Linie die Kanten als Attraktionszentra der Anlagerung wirken."

„Das morphologische Resultat dieser Verteilung des Wandmaterials kann man sich an der Konstruktion unserer Figur [II, 12*c*] vergegenwärtigen. Stellen wir uns vor, einem Zwischenwandsystem [gleich demjenigen des Blasenkomplexes Fig. II, 12*b*] flösse mehr Material zu, so würde dasselbe zunächst dessen Ecken ausrunden, d. h. es würde um den Radiationspunkt der Kanten ein Tetraeder mit eingebauchten Flächen entstehen; bei weiterem Zufluß würde die Materialanlagerung und Ausrundung in entsprechender Weise längs der Kanten fortschreiten, das Tetraeder würde zu einem Vierstrahler mit dreikantigen Armen und etwas eingebogenen Flächen, bis endlich bei eventuellem fortgesetztem Materialzuflusse die Ausrundung sich auch über die Wände erstrecken und so zum Abschlusse kommen würde."

Vergleichen wir nun die Kieselskelette der Radiolarien mit den bei Materialzufluß entstehenden Verdichtungsfiguren in Blasengerüsten, so treffen wir in vielen Fällen auf eine weitgehende morphologische Übereinstimmung [vgl. II, 13, 14], welche uns den Schluß erlaubt: „Die in schaumigen Sarkodekörpern entstandenen Skelette repräsentieren teilweise versteinerte Blasengerüste“ (Dreyer 1893). Dabei erscheint die Zentralkapsel als ein kleiner, von vier größeren Schaumblasen eingeschlossener Raum, der bei seiner Verkieselung eine Ausbauchung erfährt. Die verstärkten Kanten und Ecken der zusammentreffenden Blasenwände können langgestreckte Stacheln erzeugen [II, 14].

Wie der Radiolarienleib als Ganzes, so weisen auch Teile der Sarkode im einzelnen die Spuren schaumiger Entstehung auf, z. B. in den Schalenreliefs, in den Vierstrahlern, Dreistrahlern und anderen Bewaffnungen der Schalenoberfläche; und nicht nur bei den Radiolarien, auch bei anderen und höheren Tiergruppen lassen sich die entstehenden festen Bestandteile ihrer Form nach als Produkte ursprünglich flüssiger Bestandteile erweisen. Bei den Metazoen, die alle aus mehreren Zellen zusammengesetzt sind, spielen die aneinandergelagerten Zellen die Rolle der einzelnen Blasen.

Epithelien, Chordagewebe, blasiges Bindegewebe sind bekannte Beispiele. „Bei dieser allgemeinen Verbreitung blasigen Baues in den Geweben der mehrzelligen Organismen erscheint es natürlich, daß die Blasenspannung auch bei diesen verschiedentlich Einfluß auf die Skelettbildung gewinnt. Vereinzelte Fälle sind allerorts verstreut bei den verschiedensten Organismengruppen zu konstatieren. . . Zu einer größeren hemmenden Bedeutung als gestaltender Faktor gelangt jedoch die Blasenspannung bei der Skelettbildung der Spongien und Echinodermen.“

„Bei den Spongienspiculis treffen wir dieselben Formen an, die wir schon bei den Radiolarien kennen gelernt und abgeleitet haben, als in verschiedenen Variationen Vierstrahler [II, 15], Dreistrahler usf. —

Bei den Echinodermenlarven entstehen Dreistrahler zuerst im Innern einer Mesenchymzelle, nehmen mit der Größenzunahme Tetraederform mit eingebauchten Flächen an, eine Form, welche der Verkalkung in einem Punkte eines Blasengerüstes entsprechen würde, und rücken später aus der Zelle heraus

[II, 16]; ist dies geschehen, so wird das Wachstum der einen Tetraederecke eingestellt und es wachsen bloß drei Arme, die sich zwischen den Mesenchymzellen einschieben, weiter. Ein besonderes Beispiel der Fixierung von Blasengerüsten durch Kalkablagerung bieten die Anker der Synaptiden Seewalzen dar; man wird unschwer in den Figuren [II, 17] die Merkmale der unter Oberflächenspannung vor sich gegangenen Modellierung erkennen (Dreyer 1893).

Wie die Kalk- und Kieselschalen der bisher erwähnten Tiergruppen, lassen sich auch die Schalen der Schnecken auf kristallinische Absonderungen in einer kolloidalen Matrix zurückführen. Bereits von Harting (1872) wurde durch Zusatz von Kalksalzen zu Gelatine oder Eiweiß die schichtenweise Entstehung dieser Schalen nachgeahmt, was Steinmann (1889) durch Zusatz des Kalziumchlorids allein gelang und Biedermann (1902, 1903) bestätigt hat. Neuerdings bringt Kappers (1908) Bilder von gerinnendem Paraffin, das ohne weiteren Zusatz die allgemeinen Formen und die Struktureigentümlichkeiten von Molluskenschalen annimmt, da es selbst hierbei kristallisiert [II, 18].

Für die komplizierten morphologischen Formen der Gliedertiere und Wirbeltiere liegen noch keine ausgedehnteren Untersuchungen vor, die durch Experimente gestützt wären. Daß aber auch hier im einzelnen Gesetze der Flüssigkeitslehre zur Anwendung gebracht werden können, zeigen z. B. die Trajektorien in den Knochen und anderen Geweben der Wirbeltiere und der Verlauf der Blutgefäßabzweigungen nach hydrodynamischen Gesetzmäßigkeiten.

Roux (1878) versuchte durch Injektion der Blutgefäße mit fünf Teilen Kolophonium auf einen Teil weißes Wachs bei Menschen und Tieren genaue Einsicht in den Verzweigungsmodus zu gewinnen.

Er formuliert folgende Regeln:

1. „Die Achse des Ursprungsteiles jedes Arterienastes liegt in einer Ebene, welche durch die Achse des Stammgefäßes und den Mittelpunkt der Ursprungsfläche des Astes bestimmt ist. Diese Verzweigungsebene κατ᾽ ἐξοχὴν wurde Stammachsen-Radialebene genannt."

2. „Bei Abgabe eines Astes, dessen Durchmesser mehr als $\frac{2}{5}$ des Durchmessers des Stammes beträgt, erfährt der Stamm

eine Ablenkung innerhalb der Stammachsen-Radialebene nach der dem Aste entgegengesetzten Seite. Diese Ablenkung wächst mit der relativen Stärke des Astes und mit der Größe des Astursprungswinkels.“

3. „Die Gestalt des Astursprungs zeigt in vielen Fällen, und zwar, wie ich [Roux-Ref.] hinzufügen will, besonders deutlich an den im Verhältnis zum Stamme sehr schwachen Ästen, alle die charakteristischen Merkmale eines frei aus der seitlichen runden Öffnung eines von Wasser durchflossenen Zylinders ausspringenden Strahles; und diese Gestalt ändert sich mit den gleichen Umständen und in der gleichen Weise wie die Gestalt des frei ausspringenden Strahles“ (Roux 1879). Diese Regeln lassen sich auf die gestaltende Wirkung des unter Druck strömenden Blutes zurückführen. Roux (1878) prüfte diese Ableitung experimentell auf folgende Weise: „Auf eine Glasplatte wurden zwei parallele Leisten der weichen, aus einer Mischung von Schweineschmalz und Olivenöl gebildeten, Masse aufgelegt; und auf diese wurde, nach Anbringung einer kanalartigen Unterbrechung in der Mitte der einen Leiste und nach Verlängerung dieses Kanals, eine zweite Glasplatte gelegt und aufgedrückt. In den so gebildeten verzweigten Kanal wurde dann mit einem Gummischlauch ein kräftiger Wasserstrahl geleitet. Da die weichen Mauern des Kanals an den Glastafeln gut adhärieren und zudem dick gemacht waren, so widerstanden sie eine kurze Zeit dem Seitendruck, während an der seitlichen Ausflußstelle die schiefen inneren Flüssigkeitsstrahlen ein wenig modellierend wirkten. Ein erheblich besseres Resultat ergab eine später getroffene Versuchsanordnung, deren Wesentliches in der Verwendung zweier verschieden fester Materialien besteht.“

Roux verwirft die rein mechanische Abteilung jedoch aus dem Grunde, weil eine Verstärkung der Blutgefäßwand an den dem Stoße am meisten ausgesetzten Teilen stattfindet.

In weiteren Arbeiten behandelt Roux die funktionelle Struktur vieler anderer Organe: „Dies ist eine Struktur, welche sich der Funktion des Organs so anschmiegt, daß sie bloß die Linien stärkster Funktion insubstantiert und daher die gegebene Funktion mit dem Minimum an Material oder mit dem gegebenen Material das Maximum der Funktion leistet.“ Solche Beispiele sind die bindegewebige Flosse des Delphins (1883 *Delphin*), die Skelettmuskeln des Menschen (1883 *Menschen*) und die von

Wolff (1870) zuerst geahnte Bedeutung der Trajektorien in den Knochen. Ihre funktionelle Entstehung läßt sich in solchen Fällen mit Sicherheit nachweisen, wo durch abnorme pathologische Fälle eine verschiedene gegenseitige Lagerung der Knochen mit einer entsprechenden Veränderung der Trajektorien beantwortet wird, so bei einer knöchernen Kniegelenksankylose (Roux 1885) und in vielen anderen Fällen (Wolff 1902, vgl. auch Triepel 1908).

Im Grunde genommen treffen wir hier überall auf eine Frage, die auch für die anscheinend bereits erklärte Formbildung der Kalk- (oder Kiesel-) Schalen bei niederen Organismen ihre Berechtigung hat: Warum werden überhaupt Gerüstsubstanzen ausgeschieden, und zwar gerade an jenen Stellen, an denen eine stärkere Beanspruchung stattfindet? Diese Frage war zunächst an eine andere geknüpft, wieso nämlich der Organismus überhaupt zu einer Speicherung der im Wasser schwer löslichen Kalksalze (resp. Kiesel) gelangen kann? Durch Untersuchungen von Pauli und Samec (1910) sind beide Fragen beantwortet worden. Erstens ist die Löslichkeit der Kalksalze in einer Eiweißlösung (Serum) ganz ungeheuer gegenüber der Löslichkeit derselben Kalksalze im Wasser gesteigert, und zwar am wenigsten noch die Löslichkeit des Kalziumsulfates, das bei den organischen Formbildungen keine große Rolle spielt, mehr Kalziumphosphat und am meisten Kalziumkarbonat.

Zweitens haben Abbauprodukte des Eiweiß (Wittepepton, Glutinpepton) zwar ein bedeutend größeres Lösungsvermögen als Wasser für Kalziumkarbonat, jedoch ein geringeres als das nicht abgebaute Eiweiß. Für Kalziumphosphat ist die Löslichkeitserhöhung durch die Abbauprodukte viel geringer, ja es kann sogar die Löslichkeit im Wasser größer sein. Vergegenwärtigen wir uns also den Vorgang bei der Aufnahme von Seewasser oder einer Nahrung, welche die Kalksalze desselben enthält, so wird in das Plasma von Kalziumsulfat wenig in Lösung gehen, von Kalziumkarbonat mehr und dieses wird auch bei Abbau des Eiweiß teilweise in Lösung bleiben; von Kalziumphosphat jedoch wird viel in Lösung gehen, aber beim Abbau des Eiweiß wird es größtenteils wieder ausfallen. So weisen z. B. die Säugetierknochen auf 1000 Teile Knochenerde 839 Teile phosphorsauren und bloß 76 Teile kohlensauren Kalk auf.

Für uns ist es nun an dieser Stelle wichtig, daß die Kalk-

abscheidung gerade an den Eiweißabbaustellen stattfinden muß: das sind ja gerade jene Stellen, an denen entweder durch den Einfluß äußerer Agentien oder durch die funktionelle Beanspruchung in irgend einer Beziehung das Eiweiß einem regen Stoffwechsel unterzogen wird.

Damit sind wir jedoch bereits bei den chemischen (und physiologischen) Eigenschaften angelangt. „Die im Tierkörper auftretenden geometrischen Formen lassen sich auf den Aggregatzustand des Protoplasmas zurückführen.“

Kapitel III.

Polarität.

Ehe wir an die Besprechung der chemischen und physiologischen Eigenschaften der Tiere herantreten, haben wir uns noch mit einer morphologischen Eigenschaft der Lebewesen zu befassen, welche allerdings, wie wir sehen werden, der direkt sichtbare Ausdruck für chemische und physiologische Charaktere ist: nämlich die Polarität.

Größen, welche durch die in einer Einheit ausgedrückte Menge vollkommen bestimmt sind, werden in der Physik „Skalare“, solche Größen, welche außerdem noch der Bezeichnung einer Richtung bedürfen, als „Richtungsgrößen“ bezeichnet.

Diese Richtungsgrößen können entweder ausreichend durch eine, nach beiden Seiten hin gleichwertige Richtung charakterisiert sein, „Bivektoren“, oder eine einseitige Richtung aufweisen, „Vektoren“.

Zu den Skalaren gehören unter anderem die Temperatur, die Viskosität und Fluidität von Flüssigkeiten, der Dispersionsgrad von Kolloiden;

zu den Bivektoren der Druck, die Oberflächenspannung und überhaupt alle Spannungen, weshalb auch an Stelle von Bivektor der Ausdruck „Tensor“ gebraucht wird;

zu den Vektoren gehört jede Verschiebung, jede Fortpflanzungsgeschwindigkeit und die Anordnung von Teilchen in einem Raumgitter, wie sie für die Kristalle typisch ist.

Konnten wir in dem vorausgegangenen Kapitel den eigentümlichen Aggregatzustand des Plasmas mit seinen skalaren (Viskosität, Dispersionsgrad) und tensoriellen (Oberflächenspannung, Trajektorien) Charakteren für manche morphologische Eigenschaften der Lebewesen verantwortlich machen, so blieben uns doch stets vektorielle Eigenschaften übrig, deren Behandlung wir für später versprechen mußten: warum z. B. bei der Formbildung in einer bestimmten Richtung von der durch die Oberflächenspannung geforderten Kugelform abgewichen werden kann.

Indem wir nun die vektoriellen Eigenschaften der Lebewesen mit vektoriellen Eigenschaften anderer geformter Gebilde vergleichen, können wir unmittelbar aussagen, daß zwar alle Lebewesen vektorielle Eigenschaften besitzen, die in hohem Grade für sie charakteristisch sind, wie Wachstum, Bewegung und die uns zunächst beschäftigende spezifische Formbildung, daß sie aber hierdurch keineswegs in irgend einem fundamentalen Gegensatz zur anorganischen Welt stehen, wie die oben angeführten Beispiele von Vektoren anorganischer Natur zeigen.

In der Physik ist es üblich, zweierlei Arten von Vektoren zu unterscheiden: solche, welche unendlich viele hindurchgehende Symmetrieebenen besitzen, werden als „polare" von den nicht so beschaffenen „axialen" unterschieden.

„Polarität" ist daher, streng genommen, der Ausdruck für vektorielle Größen, welche durch unendlich viele Symmetrieebenen ausgezeichnet sind; man pflegt aber den Ausdruck öfter für die Vereinigung von zwei (oder mehr) Polen zu gebrauchen, welche durch eine Achse miteinander verbunden sind und daher nicht mehr in bezug auf das ganze System unendlich viele Symmetrieebenen zulassen, sondern nur jene, welche durch die beiden Pole (oder was dasselbe ist durch die Achse) hindurchgehen. Um das Wachstum, die Bewegung oder überhaupt die Anordnung eines Teilchens in bezug auf den ganzen Tierkörper zu charakterisieren, muß außer der Größe der in Betracht kommenden Entfernung stets die Richtung angegeben werden, welche von einem im Innern des Tierkörpers gekennzeichneten Punkt einzuschlagen ist.

Da jede Begrenzung eines Raumteiles die Angabe von Richtungen erfordert, so können morphologische Charaktere überhaupt nichts anderes als Vektoren sein, und zwar nur in einem Falle unipolare, nämlich im Falle einer kugelförmigen Zelle mit einem im Zentrum liegenden kugelförmigen Kerne. In allen

anderen Fällen sind Achsen besonders ausgezeichneter Art vorhanden, welche eine Beschränkung in den Symmetrieebenen hervorrufen. Ob es überhaupt Amöben oder andere Einzellige gibt, welche eine unipolare Polarität aufweisen, ist bei der fast überall auftretenden Komplikation der Kernteilung mit bestimmt eingestellten Figuren zweifelhaft; unter den höheren Tieren gibt es bloß axiale Polarität, welche sich auch auf die Eier und auf die einzelnen Zellen des späteren Tierkörpers erstreckt.

Man pflegt daher in der Biologie unter „morphologischer Polarität“ die Eigenschaft der Lebewesen zu verstehen, „daß sich ihre einzelnen Abschnitte bei Neubildungsvorgängen und sonstigen Differenzierungen in der Richtung einer oder mehrerer Achsen verschieden verhalten“ (Definition Fischels in Roux' Terminologie der Entwicklungsmechanik, Leipzig, Engelmann, 1912, S. 308).

Ich möchte in diesem Bande, welcher den allgemeinen Eigenschaften der lebendigen Substanz gewidmet ist, nicht in das Detail der Verteilung formbildender Fähigkeiten bei einzelnen Formen näher eingehen und verweise bezüglich der formativen Potenzen von Eiern auf die „Embryogenese“ (Exp. Zool. 1) und bezüglich der entwickelten Tiere auf die „Regeneration“ (Exp. Zool. 2).

Eine knappe Übersicht der hierbei gefundenen Regeln soll aber doch gegeben werden, da hierdurch das Verständnis der folgenden Kapitel wesentlich gefördert werden dürfte.

„Allbekannt ist die Polarität des Kristalls. Da der Kristall aus chemisch gleichartigen Teilen zusammengesetzt ist, so ist diese Polarität ausschließlich ein Ausdruck der parallelen Orientierung sämtlicher Teilchen, deren jedes nach verschiedenen Richtungen des Raumes eine verschieden große Wachstumsgeschwindigkeit entfaltet.“

„Die Organismen unterscheiden sich wesentlich von den Kristallen durch ihre heterogene Zusammensetzung. Die Urtiere geben im allgemeinen, entzweigeschnitten, wieder ganze Tiere, indem der vordere Teil den hinteren, und umgekehrt, ergänzt. Über eine etwaige chemische Verschiedenheit dieser Teile wissen wir aber nichts.“

Betrachten wir einen Hydroidpolypen, so weist derselbe einen Kopf- und einen Wurzelpol auf; wird ein solcher Polyp entzweigeschnitten, so stellt sich je nach der Einwirkung äußerer Faktoren auf die freigelegten Enden eine Strömung von Körn-

chen ein, welche an jenen Stellen eine Anhäufung erfahren, wo es zur Bildung von Köpfchen kommt. Dabei braucht die Bildung der Köpfchen nicht gerade dort zu geschehen, wo sie bei vollständiger Aufrechterhaltung der Polarität erwartet würde.

Wir finden also eine Ausbildung chemisch differenter Schichten, welche die bisherige Polarität der Richtung zu verändern imstande sind.

Ich habe die Anordnung chemisch verschiedener Regionen als „Schichtungspolarität“ von der nur durch die Anordnung ähnlicher Teilchen nach verschiedenen Richtungen gegebenen „Richtungspolarität“ unterschieden.

„Etwas anders als die Hydroidpolypen verhalten sich die ebenfalls zu den Coelenteraten gehörigen Aktinien. Stücke der hinteren Körperregion vermögen stets die vordere neuzubilden, nicht aber die vorderste Region, welche die Tentakeln begreift, die hintere. Was geschieht aber mit ab- oder angeschnittenen Tentakeln dieser vordersten Region? Solche Teile können weiterwachsen unter Aufrechterhaltung ihrer früheren Wachstumsrichtung; ihre Richtungspolarität ist also auch nach Beseitigung der Schichtungspolarität geblieben. Allein dies braucht nicht das definitive Resultat zu sein. Unter Umständen kann auch ein Wachstum in der entgegengesetzten Richtung eintreten: es wird aber trotzdem wieder ein solcher Pol gebildet, wie bereits einer vorhanden ist. Seine Richtung ist jedoch verkehrt. Wie ich früher (vgl. Exp. Zool. 2, S. 234) gezeigt habe, erfolgt diese Polumkehr durch Drehung der Zellen, namentlich bei Zellteilung. *Die Richtungspolarität ist also von der Schichtungspolarität trennbar.*“

Um Mißverständnissen zu begegnen, möchte ich dazu bemerken, daß nicht bloß die Richtung der Angliederung von Formelementen, sondern auch die Richtung der Produktion verschiedener chemischer Stoffe, welche nacheinander die Differenzierung distaler aus proximalen Partien hervorzurufen bestimmt sind, hiebei eine Umkehr erfahren dürfte.

„Verfolgen wir ein weiteres Beispiel: Der Regenwurm — wie die meisten Würmer — läßt sich in drei Zonen zerlegen, deren mittelste nach vorne einen Kopf, nach rückwärts einen Schwanz hervorzubringen imstande ist. Die vorderste vermag zwar nach vorne einen Kopf, aber nach rückwärts keinen Schwanz, die hinterste nach rückwärts einen Schwanz, aber nach vorne

keinen Kopf hervorzubringen. Es ist also eine Polarität der Schichtung vorhanden, die den vollständigen Wurm erzeugt, aber auch eine Polarität der Richtung, welche nach Zerstörung jener übrig bleibt. Auch in diesem Falle kann die Polarität der Richtung zwei gleichpolige Enden hervorbringen: aus der vordersten Region entstehen unter Drehung der Grenzzellen zweiköpfige, aus der hintersten zweischwänzige Würmer."

„Der Kürze wegen empfiehlt es sich, den von Driesch geprägten Ausdruck: totipotent für Stücke, welche alle Teile hervorzubringen imstande sind, zu gebrauchen. Bei den Manteltieren sind dies alle Stücke der mittleren Körperregion, hingegen wahrscheinlich nicht die beiden Siphonen, denn angeschnitten erzeugen sie unter Umkehr der Richtungspolarität auch an den zentralgewendeten Schnittstellen Endorgane: Augen- und Siphonenrand."

„Bei den völlig radiär entwickelten Vertretern der Stachelhäuter finden wir keine totipotenten Regionen mehr. Die Scheibe ohne Arm vermag bei Haar-, See- und Schlangensternen keinen Arm mehr hervorzubringen. Ebensowenig vermag der Arm eine Scheibe zu erzeugen, wohl aber geht aus einem vereinigten Scheiben- und Armbruchstück ein ganzer Stern hervor. Mindestens beim Haarstern vermögen jedoch die ganz oder halb losgelösten Arme distal- und auch zentralwärts eine neue Armspitze zu regenerieren. Auch hier bleibt also nach Aufhebung der Schichtungspolarität eine Richtungspolarität bestehen, welche umkehrbar ist. Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Fällen handelt es sich hier aber um seitliche Anhänge."

„Bei den entwickelten Mollusken, Vertebraten und Arthropoden finden wir keine totipotenten Körperregionen — die Keimdrüsen ausgeschlossen. Dementsprechend können auch bei diesen Tiergruppen nach Kastration keine neuen Keimprodukte gebildet werden. Die Schichtungspolarität ist also am stärksten ausgesprochen. Doch läßt sich auch hier die Richtungspolarität isolieren, wenn es gelingt, Teile mit sehr beschränkter Potenz noch zum Anwachsen in zentraler Richtung zu bewegen."

„Eine solche Methode gibt das Anbrechen von Schwänzen oder Extremitäten an genügend plastischen Stadien an die Hand oder die Implantation völlig isolierter Stücke. Solche erzeugen bloß das ihnen zukommende distale Stück, wenn keine Richtungsumkehr — wahrscheinlich infolge der zu großen Starrheit der

Gewebe — mehr möglich ist, sonst an beiden Enden distale Partien" (Przibram 1910 *zool. bot.*)*).

Während bei den Vertebraten die Gliedmaßen nur wieder Gliedmaßen derselben Art regenerieren, auch bei ihrer völligen Entfernung bloß Gliedmaßen gleicher Art wieder von der benachbarten Rumpfpartie gebildet werden, ist dies bei den Arthropoden nicht der Fall: hier sind die Gliedmaßen bipotent, es können an Stelle von Augen Fühler, an Stelle von Fühlern (Mandibeln oder) Beine, an Stelle von Maxillen Mandibeln, an Stelle von Kieferfüßen Scheren, an Stelle von Scheren Schreitbeine oder umgekehrt, an Stelle von Abdominalbeinen Schreitbeine, an Stelle von Hinterflügeln Vorderflügel usf. gebildet werden. Betrachten wir die Anordnung der Gliedmaßen am Körper eines Krebses oder eines Insektes, so finden wir, daß meist eine Extremität nach Erlöschen der normalen Formbildungsmittel durch eine weniger differenzierte ersetzt werden kann, welche einer nahen metameralen Schichte angehört (Przibram 1910 *Homoeosis*)**).

Außer der distalen und zentralen Wachstumsrichtung und der Schichtung von vorne nach hinten finden wir bei den meisten Tieren eine ausgesprochene Dorsiventralität und Bilateralität.

„Bei der Regeneration bereits entwickelter Tiere ist mir kein Fall bekannt, in dem sich ventrale und dorsale Seite völlig vertreten könnten."

Beim Regenwurm ist die dorsale Schichte nicht mehr imstande, das ventrale Nervensystem wiederherzustellen, umgekehrt können bei den Amphibienschwänzen die dorsale Chorda und Wirbelsäule nicht mehr aus der ventralen Schichte erzeugt werden.

Beim Haarstern Antedon ist die leicht isolierbare ventrale Scheibe nicht imstande, die dorsalen Teile wiederzubilden und

---

*) Während des Druckes geht mir Della Valle, P., La doppia rigenerazione inversa nelle fratture delle zampe di Triton (Bolletino della Società di Naturalisti in Napoli, XXV, 95, **1913**) zu, worin die vorgetragenen Gesetze abermals eine glänzende Bestätigung erfahren.

) Fernere Literatur in: W. T. Calman, Two cases of abnormal Appendages in Crabs. (Annals Magazine natural History. [8] XI, 399, **1913) und

H. O. Schmit-Jensen, Homoeotisk Regeneration of Antennen hos en Phasmide, Carausius morosus (Vidensk. Meddel. Dansk naturh. Foren. LXV, 113. **1913**).

Vgl. auch V. Janda, Fühlerähnliche Heteromorphosen an Stelle von Augen bei Stylopyga und Tenebrio (Arch. f. Entw.-Mech. XXXVI, 1, **1913**).

die Zerstörung des dorsalen Nervenzentrums verhindert die Regeneration der Scheibe. Dabei gehen aber weder der ventralen Scheibe noch der dorsalen Kelchpartie regenerative Potenzen ganz ab, indem letztere abgeschnittene Cirrhen, erstere Os und Anus zu ersetzen vermögen (Przibram 1910 *Roux-Fest.*).

Im Gegensatze zur erkennbaren Verschiedenheit der vorderen und hinteren sowie der oberen und unteren Schichten eines Tierkörpers pflegt die rechte und linke Seite bei den bilateral gebauten Tieren bloß als eine Verschiedenheit in der Richtung des Wachstums sich zu dokumentieren, indem die analogen Schichten rechts und links hin in spiegelbildlich entgegengesetzten Richtungen verteilt erscheinen. Es kommt also vornehmlich eine Richtungspolarität zum Ausdruck. Doch kommen häufig kleinere Asymmetrien vor, welche wie die rechts und links bedeutend verschiedenen Scheren mancher Krebse (Einsiedler, Winker) eine festgelegte Schichtung darstellen, in anderen (Alpheus etc.) aber eine Umkehr erfahren können.

Dafür, daß es nicht besondere Schichten gibt, welche für die rechtsseitige oder für die linksseitige Symmetrieausbildung maßgebend sind, sondern diese bereits durch die anterio-posteriore und die dorso-ventrale Achse mitbestimmt ist, lassen sich viele Gründe anführen:

Wird durch Bruch eines Gliedmaßes eine zentralwärts blickende Wundfläche geschaffen, so können aus dieser nun infolge der mit jedem Gliede in der Entfernung von dem Gliedmaßenursprung beschränkteren Potenz — welche Beschränkung in dem Zurückbleiben gewisser chemischer Stoffkomplexe bloß in der proximaleren Region ihre Ursache haben mag — bloß die distalen Glieder regeneriert werden, wobei sie natürlich ihre Wachstumsrichtung umkehren müssen. Dabei zeigt es sich, daß zugleich mit dieser Richtung auch die laterale Symmetrie umgekehrt erscheint. Es kommt also jetzt ein Gliedmaßenteil mit der Symmetrie der Gegenseite zustande.

Man könnte nun noch zugunsten von getrennten, für jede Seite maßgebenden Schichten annehmen, daß hier auch Reserveanlagen der Gegenseite gewissermaßen in „latentem“, verborgenem Zustande vorhanden seien, welche nötigenfalls in der gewünschten Richtung zum Vorschein kommen. Allein dem widersprechen die bereits erwähnten Fälle der konstant verschiedenscherigen Krebse: kommt es hier zum Bruche einer Schere, so gehören alle, auch

die mit der Symmetrie der Gegenseite ausgestatteten Regenerate demselben Typus an, während keine vom Typus der Gegenseite zum Vorschein kommt.

Die Umkehrung der Symmetrie ist also tatsächlich bei diesen Bruchbildungen bloß durch Umkehr der Richtung, nicht aber auch der Schichtung zustande gekommen.

Eine Umkehr in der Richtung kommt auch bei jenen Fällen vor, in denen der ganze Körper von einer Asymmetrie durchzogen ist, wie dies z. B. bei den gewundenen Schnecken, bei den inneren Organen der Säugetiere geschieht. Hier kommen neben rechtsgewundenen Schnecken innerhalb derselben Spezies auch linksgewundene Exemplare, neben Menschen mit normalem situs viscerum auch solche mit situs viscerum inversus vor. Da diese abweichenden Asymmetrien aber bloß seltene und nicht erbliche (vgl. Exp. Zool. 3. 1910) sind, so dürfte es sich um somatische Transpositionen handeln, wie sie in der Tat durch Druck auf Schneckenembryonen von Conklin (1902) erhalten worden sind. In der Regel wäre aber die Asymmetrie bereits durch die anterio-posteriore und die dorsi-ventrale Schichtung mitbestimmt, indem die Substanzen der betreffenden Schichten in bestimmten Richtungen die Organe der rechten und linken Körperseite bilden (Przibram 1910 *Graz.*).

Verfolgen wir die Entwicklung von Tieren aus ihren Eiern, indem wir durch Elimination von Teilen der Eier oder Embryonen uns überzeugen, was die übrig bleibenden noch zu leisten imstande sind, so finden wir die an den entwickelten Tieren und ihren regenerativen Potenzen abgeleiteten Regeln aufs schönste bestätigt:

„Bezeichnet man den Kernpol des Eies als animalen, den entgegengesetzten als vegetativen Pol, die Verbindungslinie als Eiachse, so läßt sich sagen: Geht bei einem Ei die erste Furche senkrecht zur Eiachse, so sind die ersten zwei Blastomeren nach ihrer Isolierung nicht imstande, einander gegenseitig vollwertig zu ersetzen.“

„Es kommt hierbei nicht darauf an, ob dieser Äquatorialverlauf der ersten Furche für das betreffende Ei der allgemein gültige (Ascaris) oder eine von mehr Prädilektionsrichtungen (Triton, Aegineta) ist, oder endlich bloß ausnahmsweise vorkommt (Echinus).“

„Verfolgen wir, was aus der animalen und vegetativen Eihälfte wird, so finden wir, daß die prospektive Bedeutung der

ersteren vornehmlich in der Bildung von dorsalen, der letzteren in der Bildung von ventralen Teilen liegt. Die Potenz der Eier ist also in der Richtung der späteren Dorsi-Ventralachse derart beschränkt, daß die prospektiven Potenzen kaum größer sind als die prospektive Bedeutung der betreffenden Anlagen."

„Verläuft die erste Furche nicht senkrecht zur Eiachse, sondern durch dieselbe, so wird hingegen bei Isolation erster Blastomeren sowohl von dorsaler als auch von ventraler Anlage auf beide verteilt werden. Dementsprechend sehen wir auch beim Verlauf der ersten Furche durch die spätere Mediane (Rana, Triton, Cerebratulus) oder in transversaler Richtung (Rana, Echinus) zwar oft halbe, aber regulations- und regenerationsfähige Embryonen hervorgehen, so daß sich beide Blastomeren als totipotent erweisen."

„Wurden durch die erste, median verlaufende Furche eine linke und rechte Körperanlage getrennt, so zeigt es sich nun, daß diese — bei bilateral symmetrischen Formen — sich gegenseitig vollwertig zu vertreten imstande sind. Ebenso vermögen im zweiten Falle vordere und hintere Körperanlage einander gegenseitig zu ersetzen" (Przibram 1910 *Roux-Fest.*).

„Besonders schlagend sind jene Beispiele, in welchen bei ein und derselben Tierspezies entweder schon typisch oder atypisch verschiedene Furchungsverlaufe vorkommen: sobald rechts von links getrennt wird, ist gegenseitiger Ersatz möglich, während oben und unten nur unvollständige Embryonen liefern. Ich erinnere bloß an die schönen Versuche von Spemann am Triton-Ei und insbesondere an den durch Zentrifugieren erhaltenen atypischen Verlauf der ersten Furche bei Ascaris-Embryonen in den Versuchen von Boveri und Hogue (1910)."

„Beim Seeigelei ist die Polarität von vornherein manchmal deutlich sichtbar, dann vermögen zwar senkrecht zur Hauptachse entzweigeschnittene Eier Ganzbildungen hervorzubringen, nicht aber Stücke, die bloß vom animalen oder bloß vom vegetativen Pol etwas bekommen haben. Im späteren Verlaufe der Entwicklung wiederholt sich diese Beschränkung für jede schon abgegliederte Organanlage auch beim Seesternei. Hiermit scheint nun die große Teilbarkeit des Seesterns nach der Metamorphose im Widerspruch zu stehen. Allein in Wirklichkeit handelt es sich bei der queren Zertrennung des Seesternes selbst nicht um

eine Sonderung verschiedener Organanlagen, indem jeder Querteil von allem erhält."

„Bei den Mollusken scheint jede Eiregion von vornherein eine bestimmte eindeutige Rolle zu spielen."

„Die Tunikaten sind insoferne von Interesse, als hier wie bei den Seesternen ein Wechsel in den Potenzen der Regulation vorzuliegen schien: allein wir können uns sehr gut die Versuchsergebnisse an verschiedenen Stadien damit erklären, daß eine quere Durchtrennung in durchaus verschiedene Regionen fallen mußte. Beim Ei sind verschiedene Möglichkeiten beschrieben und gegeben. Bei der Gastrula können noch zwei vollständige Larven erhalten werden; dann erlischt diese Fähigkeit bei der weiteren Streckung der Larve, um wieder beim entwickelten Tier aufzutreten. Die anscheinend unterbrochene Verteilung der Fähigkeiten steht im Zusammenhang mit der Formstreckung und Krümmung und mit der dadurch bedingten Schnittführung, welche bei geometrischer Analogie nicht morphologisch gleichwertige Teile sondert."

„Aus allen diesen Beispielen geht hervor, daß wir einen kontinuierlichen Übergang von der Eischichtung zur Schichtung am entwickelten Tier verfolgen können" (Przibram 1910 *zool. bot.*).

Die Verhältnisse der morphologischen Polarität werden also auf die physiologische Polarität tierischer Entwicklung und tierischen Wachstums zurückzuführen sein.

Insofern diese Polarität auf eine Schichtung von Substanzen zurückgeht, wird sie auch als eine chemische aufgefaßt werden können, womit auch das Auftreten einer elektrischen Polarität verknüpft sein kann, wie sie von Ida Hyde (1904) für das Ei von Fundulus durch Feststellung einer elektrischen Potentialdifferenz zwischen animalem und vegetativem Pole gefunden wurde.

Während die Trennung der Schichten in dorsi-ventraler und bei entwickelteren Formen auch in anterio-posteriorer Richtung durch Zerschneiden stets im Resultate den Eindruck hervorruft, daß hier bestimmende Stoffe entfernt wurden, haben wir für die lateralen Richtungen bloß selten Anhaltspunkte für die chemische Verschiedenheit von rechts und links angetroffen, solange es sich um streng bilaterale Tiere handelte. Bloß für den Fall einer den ganzen Körper durchziehenden Asymmetrie werden wir noch einer chemischen Ursache bedürfen. Diese braucht aber nicht in etwas

anderem zu beruhen als auf einer asymmetrischen Molekülanordnung innerhalb eines, für eine bestimmte Schichte charakteristischen Stoffes.

Wie uns nun die Chemie der organischen Verbindungen und die Kristallographie lehren, gibt es zahlreiche Kohlenstoffverbindungen mit asymmetrisch angeordneten Atomen, welche beim Auskristallisieren in asymmetrischen Formen, die paarweise als „Enantiomorphe“ zusammengehören, eine anschauliche Form gewinnen können. Solche Kristalle sind optisch aktiv, sie drehen die Polarisationsebene nach rechts oder nach links, und optisch aktiv ist auch das Plasma.

„Die besondere Polarität des Tierkörpers beruht einerseits auf der chemisch heterogenen Zusammensetzung der Keimzonen (Schichtungspolarität), anderseits auf der bestimmt gerichteten Angliederung zuwachsender Teilchen (Richtungspolarität).“

Kapitel IV.

Stoffwechsel (Assimilation und Katalyse).

Das Vorkommen bestimmter kompliziert zusammengesetzter Stoffe im Tierkörper, welche sich außerhalb der lebendigen Substanz in der Natur nicht vorfanden, wurde in den ersten Anfängen der physiologischen Chemie dahin gedeutet, daß diese Verbindungen bloß unter dem Einflusse des Lebenszustandes zustande kämen und daher als vitale Prozesse *κατ᾽ ἐξοχήν* anzusehen seien.

Bekanntlich gelang es jedoch zuerst Wöhler, den Harnstoff, einen der häufigsten im Tierkörper entstehenden Abfallsprodukte, synthetisch aus seinen Bestandteilen im Reagenzglase aufzubauen.

Schon lange wußte man durch Analyse, daß die letzten Bestandteile der Organismen dieselben chemischen Elemente seien, welche auch in der organischen Natur vorkommen; von einem besonderen Lebensstoffe war nicht mehr die Rede, seit sich das zu allen Lebensvorgängen nötige gasförmige Element als dasselbe

herausgestellt hatte, welches das Brennen der Flamme unterhält und Sauerstoff (Oxygenium, *O*) benannt worden war. Als besonders charakteristisch für die Stoffverbindungen der Lebewesen erwies sich der Kohlenstoff (*C*), so daß man sich daran gewöhnte, die Chemie der Kohlenstoffverbindungen als „organische Chemie" der anorganischen gegenüberzustellen.

Heute sind bereits eine unendliche Anzahl organischer Verbindungen der künstlichen Synthese zugänglich und mit der wachsenden Kompliziertheit werden die Kunstprodukte auch jenen Stoffen immer ähnlicher, die nicht als Abfälle den Tierkörper verlassen, sondern seinen Aufbau bestimmen und seine wichtigsten Funktionen vollziehen.

„Da die Proteïnstoffe bei allen chemischen Prozessen im lebenden Organismus auf die eine oder andere Weise beteiligt sind, so darf man von der Aufklärung ihrer Struktur und ihrer Metamorphosen die wichtigsten Aufschlüsse für die biologische Chemie erwarten."

„Der nüchternen Kritik wird man allerdings nicht das Recht verwehren können, die Aussicht auf den Erfolg zu diskutieren, indem sie die jeweiligen Kenntnisse vergleicht mit dem, was zur Erreichung des Zieles notwendig ist."

„In bezug auf Unterscheidung, Isolierung und biologische Charakterisierung der zahlreichen natürlichen Proteïne hat die physiologische Chemie Bemerkenswertes geleistet. Wir kennen mehrere Dutzend scharf unterschiedene Glieder dieser Klasse, die sich nach Löslichkeit und Fällungsverhältnissen in Gruppen ordnen lassen und von denen manche im kristallisierten Zustand gewonnen werden konnten. Wir wissen ferner, daß die einzelnen Individuen Träger verschiedener biologischer Funktionen sind. Wir wissen endlich, daß alle diese Körper unter dem Einflusse bestimmter Fermente tiefgreifende, charakteristische Zersetzungen erfahren."

„Trotz alledem sind unsere Kenntnisse von ihrer chemischen Zusammensetzung recht gering. Sieht man ab von den Ergebnissen der Elementaranalyse, so beschränken sie sich im wesentlichen auf die Resultate der Hydrolyse, die einerseits durch Säuren oder Alkalien und anderseits durch die Verdauungsfermente bewirkt werden kann. Außer Ammoniak entstehen dadurch aus allen Proteïnen nach und nach nebeneinander Albumosen, Peptone und schließlich Aminosäuren. Über die Natur der beiden ersten

Spaltprodukte sind wir kaum besser unterrichtet als über die Proteïne selbst."

„Um so erfolgreicher ist das bisherige Studium der Aminosäuren gewesen; denn für viele hat man nicht allein die Struktur feststellen, sondern auch die Synthese verwirklichen können. Auf dieser Basis wird deshalb die chemische Forschung weiter bauen müssen, die sich die Aufklärung und künstliche Reproduktion der Peptone, Albumosen und Proteïne zum Ziele gesetzt hat."

Emil Fischer, dessen zusammenfassender Darstellung (1906) ich die voranstehenden Zitate entnommen habe, hat durch Umwandlung der Aminosäuren in ihre amidartigen Anhydride Körper erhalten, die er „Polypeptide" benannte.

„Die höheren Glieder dieser synthetischen Körperklasse sind in bezug auf äußere Eigenschaften, gewisse Farbenreaktionen, Verhalten gegen Säuren, Alkalien und Fermente, den natürlichen Peptonen so ähnlich, daß man sie als ihre nächsten Verwandten betrachten kann" (l. c. S. 2).

„Mit Ausnahme des Glykokolls enthalten sämtliche Aminosäuren, die aus Proteïnen entstehen, ein asymmetrisches Kohlenstoffatom, und sind deshalb, soweit sie in der Natur vorkommen, optisch-aktiv."

„Im Gegensatze dazu liefert die Synthese die Razemform, und es bedarf noch besonderer Operationen, um aus ihr die optisch-aktiven Komponenten zu isolieren" (l. c. S. 4).

Diese Trennung kann durch Auskristallisieren und Sonderung der erhaltenen rechts- respektive linksdrehenden Kristalle erfolgen.

Ähnlich verhalten sich die aus den Aminosäuren aufgebauten Polypeptide. „In einzelnen Fällen, wie bei dem *d*- und *l*-Leucylasparagin, lassen sich diese beiden Formen durch Kristallisation trennen, und man erhält einheitliche optisch-aktive Dipeptide. Gewöhnlich aber sind die Löslichkeitsverhältnisse der stereoisomeren Körper so ähnlich, daß ihre Scheidung durch Umlösen nicht gelingt."

„Eine zweite Methode beruht auf der Anwendung optischaktiver Halogenacyle. Mit Hilfe des linksdrehenden α-Brom-propionylchlorids wurde die Synthese des *l*-Alanyl-glycins ausgeführt. Leider aber sind die aktiven Halogenacylchloride beziehungsweise die entsprechenden Halogenfettsäuren schwer zugänglich und selbst in dem vorstehenden Fall enthielt das Dipeptid nicht

das natürliche *d*-Alanin, sondern den optischen Antipoden" (l. c. S. 38).

In der Natur entstehen die Kohlenstoffverbindungen unter dem Einflusse der bereits im Lebewesen vorhandenen optisch-aktiven Körper und es spielen diese dann die Rolle, welche bei der künstlichen Synthese dem Menschen durch seine Trennungsmethoden zufällt.

Daß nicht der lebende Organismus als solcher, sondern seine chemischen Stoffe, an der Entstehung der optisch-aktiven Verbindungen schuld sind, zeigen deutlich die mit Wasser extrahierbaren Fermente, z. B. der Pankreassaft der Säugetiere, der die Polypeptide hydrolytisch zu spalten imstande ist und „nach allen bisherigen Beobachtungen nur die in den natürlichen Proteïnen vorkommenden aktiven Aminosäuren liefert" (l. c. S. 47).

Von einzelligen Organismen wird manchmal bloß die eine optisch-aktive Form einer Kohlenstoffverbindung, z. B. eines Zuckers, angegriffen, so daß auf diese Art eine Trennung der optischen Antipoden durchgeführt werden kann.

Pasteur, der zahlreiche solche Beispiele untersucht hat, sprach sich (1860) über die Asymmetrie des stereochemischen Baues folgendermaßen aus:

„Die künstlichen Körper haben keine molekulare Asymmetrie und ich wüßte keinen tiefer gehenden Unterschied zwischen den Körpern, die unter dem Einflusse des Lebens entstehen und den anderen als gerade diesen." Er nannte ferner Asymmetrie „dieses wichtige Merkmal, welches vielleicht die einzig streng abgegrenzte Scheidewand bildet, welche man heute zwischen der Chemie der toten und der lebenden Natur ziehen kann."

Das „heute" Pasteurs ist für uns zu einem „gestern" geworden und die Scheidewand ist durch die synthetische Darstellung asymmetrischer Verbindungen in vitro gefallen. Noch in den Jahren 1898 und 1899 wurde eine heftige literarische Kontroverse in der englischen Zeitschrift „Nature" darüber geführt, ob zur ersten Entstehung einer asymmetrischen Verbindung eine besondere auswählende Kraft gehöre oder ob die uns bekannten physikalischen Vorgänge auf der Erde genügen.

Es ist klar, daß bei der wahllosen Entstehung beider optisch-aktiver Antipoden irgend einer asymmetrischen Kohlenstoffverbindung keine Wahrscheinlichkeit dafür gegeben wäre, daß sich endlich eine „linksdrehende" Fauna entwickeln würde, wie

es die unsere in ihren Proteïnkörpern ist. Jeder zufälligen Wegführung einer linksdrehenden Komponente, etwa durch den Wind, müßte an einem andern Punkte eine ebensolche einer rechtsdrehenden entsprechen und bei der Riesendimension des über die ganze Erde ausgebreiteten „Naturversuches" müßte sich die Wage immer mehr dem Gleichgewichte nähern.

Man hat daher getrachtet, auch die phylogenetische Ursache für das Auftreten eines optisch-aktiven Protoplasmas ausfindig zu machen, nachdem die jedesmalige ontogenetische Entstehung auf die bereits überkommene asymmetrische Struktur zurückgeführt war und im Versuche bestätigt werden konnte. Nun lassen sich tatsächlich kosmische Faktoren auffinden, welche eine bestimmt gerichtete Asymmetrie der auf einem Himmelskörper entstehenden Stoffe hervorzurufen imstande sind. Ein Teil des Sonnenlichtes ist linear polarisiert und erfährt durch den Erdmagnetismus eine Umwandlung in zirkular-polarisiertes Licht bei der Reflexion an den Meeresflächen. Diese Polarisation erfolgt an allen Erdpunkten gleichsinnig, da die ganze Erde ein einheitliches Magnetfeld bildet.

Würde nun das einsinnig zirkular-polarisierte Licht einen Einfluß auf die Rechts- oder Linksstellung eines asymmetrischen Kohlenstoffatoms ausüben, so wäre die Entstehung einer einsinnig drehenden Flora und Fauna erklärt. Cotton (1890) hat nachgewiesen, daß *d*- und *l*-weinsaures Kupferoxydalkali verschiedenen Absorptionskoeffizienten für ein einsinnig zirkularpolarisiertes Licht (etwa *d*-Licht) besitzen. Ein direkter Einfluß dieses Lichtes auf die vorwiegende Entstehung der einen oder der andern dieser Antipoden aus der razemischen Lösung konnte zwar nicht erhalten werden, aber auf indirektem Wege kam Byk (1904) zu einer Bestätigung eines solchen supponierten Einflusses. Dieser Forscher geht von dem bekannten Zusammenhang zwischen Absorption und chemischer Wirksamkeit bei gewöhnlichen, nicht polarisierten Lichtstrahlen aus. Bei solchem Lichte fällt das Maximum der Absorption mit dem Maximum der chemischen Wirksamkeit, etwa der Schwärzung einer photographischen Platte, zusammen. Läßt sich also umgekehrt zeigen, daß auch bei zirkular-polarisiertem Lichte das Maximum der chemischen Wirkung mit einem Maximum der Absorption zusammenfällt, so wird die nachgewiesene Verschiedenheit der Absorption einsinnig zirkular-polarisierten Lichtes durch optische Antipoden

auf eine verschieden starke chemische Zersetzung des einen durch dieses Licht schließen und daher das „Überleben" des andern plausibel erscheinen lassen. Eigens auf diese Punkte gerichtete Experimente zeigten, daß das polarisierte Licht dem gleichen Zusammenhange zwischen Absorption und Maximum der chemischen Wirkung folgt wie nicht polarisiertes Licht und daß auch in der inaktiven Lösung von traubensaurem Kupferoxydalkali die Einzeltartrate sich nebeneinander auf optischem Wege nachweisen lassen, also alle Bedingungen für eine „Auswahl" des einen Antipoden durch allmähliche Vernichtung des andern unter dem Einflusse einsinnig zirkular-polarisierten Lichtes gegeben sind, wenngleich der Vorgang zu langsam vor sich geht, um direkt polariskopisch sichtbar zu werden.

Mag nun auch diese Ableitung später durch direkte Experimente bestätigt oder entkräftet werden, auf jeden Fall werden wir in der Asymmetrie der organischen Verbindungen kein der physikalischen Erklärung unzugängliches Gebiet mehr erblicken können. Wenn weder die chemischen Elemente noch deren chemische und stereo-chemische Zusammensetzung unterscheidende Merkmale zwischen Lebewesen und lebloser Materie abzugeben imstande sind, so ist doch vielleicht der Verlauf der chemischen Reaktionen im Tierkörper ein anderer als im Reagenzglase oder in der leblosen Natur?

Sehen wir doch Oxydationen und andere Verbindungen ebenso wie Spaltungen im Tierkörper, namentlich der Kaltblüter, bei Temperaturen sich vollziehen, bei denen es uns nicht gelingt, dieselben Stoffe allein im Reagenzglase zu erzielen. Gerade in diesem „allein" liegt jedoch schon die Auflösung dieses Rätsels: im Tierkörper sind eben nicht nur die gerade von uns betrachteten Stoffe gegeben, welche eine bestimmte Verbindung liefern, sondern daneben eine ganze Reihe anderer, unter welchen sich stets auch solche befinden, die wir bereits mehrfach als Katalysatoren bezeichnet haben, das sind Stoffe, welche einen sonst sehr langsam vor sich gehenden Prozeß bei gleicher Temperatur wesentlich zu beschleunigen imstande sind. Da wir nicht bloß organische Enzyme aus den Tierkörpern zu extrahieren imstande sind, welche katalytisch wirken, sondern auch anorganische Fermente in den kolloidalen Metallen kennen gelernt haben, so darf uns nicht wundernehmen, rasch verlaufende chemische Prozesse im Lebewesen bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen anzutreffen.

Ähnlich wie man früher die Entstehung asymmetrischer Kohlenstoffverbindungen sich an die Wirkung lebender Organismen gebunden dachte, war man eine Zeitlang der Ansicht, daß gewisse Fermentreaktionen, z. B. die alkoholische Gärung bloß von lebenden Mikroorganismen bewirkt werden könne. Jedoch hat es sich später herausgestellt, daß auch der jeder lebenden Zelle bare Preßsaft aus den Gärungserregern die alkoholische Gärung hervorzurufen imstande ist (Buchner, E. u. H., u. Hahn 1903).

Doch verläuft diese Gärung nicht so rasch ohne als bei Gegenwart der Hefezellen. Vielleicht ist doch dieser quantitative Unterschied auf eine besondere vitale Eigenschaft zurückzuführen?

Auch hierüber liegen aus der jüngsten Zeit Versuche vor, welche dafür sprechen, daß es sich bei dieser Steigerung der Wirkung allerdings um eine wesentliche Eigenschaft des Organismus, aber um keinen von der anorganischen Welt verschiedenen Faktor handelt. Es konnte nämlich dargetan werden, daß die Struktur selbst auf die Geschwindigkeit der Fermentwirkung einen beschleunigenden Einfluß ausübt, der aber auch bestehen bleibt, wenn die Organismen der Fermenterregung abgetötet werden.

Auch läßt sich für die Oxydationsbeschleunigung in den tierischen Zellen nachweisen, daß sie zwar von der Struktur, nicht aber von der Erhaltung des Lebens abhängig ist.

„Bringt man rote Vogelblutzellen unter geeigneten Bedingungen zum Gefrieren und taut sie rasch wieder auf, so wird die Zellmembran verletzt, der flüssige Protoplasmainhalt tritt aus, es erfolgt, wie man in der Serologie sagt, totale Hämolyse. Unter dem Mikroskop sieht man in solchem Material noch Kern- und Zellgrenzen, die aber offenbar, da der flüssige Protoplasmainhalt austrat, Risse bekamen. Die Oxydationsgeschwindigkeit in solchen Elementen ist noch ebenso groß, wie in den intakten Zellen."

„Das Resultat, daß Zellen mit gesprengten Membranen weiter atmen und das in mancher Beziehung bemerkenswert ist, soll hier nur nach einer Richtung verwertet werden. Wenn eine Zelle, wie vielfach angenommen wird, aus fachwerkartig getrennten Reaktionskammern besteht, so wissen wir jetzt, daß die Oxydationsgeschwindigkeit nicht steigt und nicht fällt, wenn die Fachwerkwände ihre trennenden Eigenschaften eingebüßt haben."

„Nach der beschriebenen Art der Zytolyse, dem Gefrieren und raschen Auftauen, schwimmen die Strukturteile gewisser

maßen frei im flüssigen Protoplasma, hier also war die Möglichkeit gegeben, Strukturteile und Protoplasmaflüssigkeit zu trennen und der Frage, an welche Zellteile die Atmung gebunden ist, näher zu kommen. Die zytolysierte Zellmasse wurde scharf zentrifugiert und trennte sich dabei in eine obere klare strukturfreie Schicht und eine tiefere, die die Strukturteile enthielt. In den verschiedenen Schichten wurde dann die Atmung gemessen, wobei sich ergab, daß sie verschwindend klein war in der strukturfreien Schicht, in der tieferen Schicht dagegen etwa von derselben Größe wie in der nicht getrennten Kontrollmischung. Die Atmung ist also im wesentlichen an die Strukturteile gebunden."

Die Ursache für die beschleunigende Wirkung der Strukturteile scheint nun aber in nichts anderem als in der größeren Konzentration zu liegen, in der die aufeinander wirkenden Stoffe, namentlich das Oxydations- oder Gärungsferment, an den Strukturteilen zusammentreffen (Warburg 1912–1913).

Es wird also gewissermaßen die adsorbierende Wirkung der verhältnismäßig großen Oberflächen kolloidaler Teilchen noch dadurch gesteigert, daß solche Teilchen an den Strukturteilen in größerer Konzentration angehäuft werden.

„Weder in der Asymmetrie der Kohlenstoffverbindungen noch in der reaktionsbeschleunigenden Wirkung organischer Fermente kann ein die Organismen von der anorganischen Welt scheidender Faktor aufgefunden werden."

Kapitel V.

Lebensgrenzen.

Sobald wir im Lebewesen zwei einander wechselseitig beeinflussende Komponenten, nämlich Chemismus und Struktur, erkannt haben, wird uns ein Aufhören des Lebens entweder durch eine Vernichtung der chemischen Reaktionsfähigkeit oder eine Zerreißung der physikalischen Struktur nicht mehr befremden.

Beim natürlichen Tode gehen beide Prozesse im Verbrauche der verfügbaren chemischen Kräfte und in der Abnutzung der Strukturteile vor sich.

Ein vorzeitiger gewaltsamer Tod kann entweder durch Verbrennung, Erstickung, Erstarrung, spezielle Vergiftung oder durch Anhaltung und Zertrümmerung des Organismus eintreten.

Die ersten vier Möglichkeiten hängen mehr mit der chemischen, die letzteren zwei mit der struktuellen Maschinerie der Lebewesen und dementsprechend jene mit den chemischen, diese mit mechanischen Einwirkungen der Außenwelt zusammen.

1. Chemische Agentien.

Wollen wir sichere Grundlagen für jene äußeren Bedingungen gewinnen, unter denen das Leben entstehen und sich erhalten konnte, so können wir nicht besser daran tun, als experimentell zu untersuchen, welche Intensität eines jeden äußeren Faktors für die Erhaltung des Lebens gegenwärtig notwendig oder noch mit derselben vereinbar ist: wir müssen die Grenzen jeder äußeren Einwirkung bestimmen, innerhalb deren das Leben vor sich zu gehen vermag.

Um bei der früher von uns akzeptierten Reihenfolge der äußeren Faktoren zu bleiben, beginnen wir mit den chemischen Agentien.

a) *Oxydation.*

Die Chemikalien der Natur befinden sich entweder im gasförmigen Zustande, namentlich in der Atmosphäre, oder im flüssigen Zustande, namentlich in den Gewässern, oder endlich in festem Zustande, namentlich in der Erdrinde und der Vegetation. Unter den Atmosphärilien ist es der Sauerstoff (Oxygenium, O), welcher als unumgängliches Haupterfordernis für die Unterhaltung des Lebens dient: ebenso wie sich die Eier (Lit. vgl. Exp. Zool., 1. Embryogenese, S. 90) bei Entziehung des Sauerstoffes nicht weiter entwickeln, stellen auch die entwickelten Tiere bei Sauerstoffmangel jede Lebenstätigkeit ein.

Doch ist die Entwicklungsstufe des Tieres von großem Einfluß auf die Schnelligkeit, mit der die lähmenden Wirkungen des Sauerstoffmangels auftreten: Kaulquappen des Teichfrosches, Rana esculenta, von 5 *mm* Länge wurden bei Sauerstoffentzug in 10 Stunden, solche von 11 *mm* Länge schon nach $2^1/_4$ Stunden gelähmt; noch frühere Stadien zeigten eine noch größere Widerstandskraft. Ein ähnliches Verhalten zeigten die Stadien der absolut empfindlicheren Kröte Bufo viridis (Amerling 1908), und während die Imagines der Mücke Culex schon nach 100 Sekunden

gelähmt waren, trat die Lähmung bei den Puppen in 55, bei den Larven gar erst in 95 Minuten ein (Babák 1912).

Von den Tierarten sind im allgemeinen am wenigsten sauerstoffbedürftig jene Parasiten, welche normalerweise in den sauerstoffarmen Eingeweiden der Wirtstiere zu leben gewohnt sind: Ascaris lumbricoides vermag 5 bis 7 Tage bei Sauerstoffabschluß zu leben (Bunge 1890), A. mystax 5 Tage (während er bei Luftzutritt 8 bis 10 Tage außerhalb seines Wirtes weiterlebte — Bunge 1883–1884), andere Spulwürmer und Taenien 4 bis 6 Tage (Weinland 1901, 1902). Das auch sonst sehr resistente Essigälchen Anguillula hält 7 Tage aus. Sodann kommen die schlammbewohnenden Würmer, Clepsine hält 6, der Blutegel Hirudo 3, Haemopsis, Nephelis und Lumbriculus 2 Tage aus; Schnecken sind schon weit empfindlicher, indem sie in 10 bis 15 Stunden sterben, die Arthropoden Dytiscus, Hydrachna, Asellus und Entomostraken sind bereits in 1 bis 5 Stunden ohne Sauerstoff tot (Bunge 1888).

Auch das Minimum an Sauerstoffdruck der Luft oder des Wassers, in dem Tiere noch zu leben vermögen, variiert nach der Tierart: als Minimum der Sauerstoffspannung für die Bewegungsfähigkeit von Myxomyzeten, den niedersten einzelligen Tieren, wird 1 *mm* Quecksilberdruck angegeben (Clark 1889).

Da alle Tiere Kohlensäure ausatmen, so wird bei einfachem Luftabschluß ohne besondere Vorrichtung zur Verdrängung des Sauerstoffes die Luft immer mehr an Kohlensäure auf Kosten des eingeatmeten Sauerstoffes angereichert. Bis zu 20% CO_2 wirken bei Wirbeltieren bloß reizend, bei 28·9% CO_2, was 54·7% O_2 entspricht, stirbt die Taube in 1 Stunde und 50 Minuten, während das Kaninchen erst bei 46·3% CO_2 und 29·7% O_2 in 5 Stunden zugrunde geht, Schildkröte und Ringelnatter noch resistenter sind (Friedländer und Herter 1878–1879).

Die Kohlensäure ist jedoch auch an und für sich nicht gleichgültig: während Paramaecium in einer reinen CO_2-Atmosphäre nach $2^1/_2$ bis 3 Stunden abstirbt, lebt es in einer reinen Wasserstoff- oder Stickstoffatmosphäre bis zu 24 Stunden (Loeb und Hardesty 1895 *Lokalisation*) und auch erst in dieser Zeit waren Amöben, Myxomyzeten und Actinophrys in Wasserstoffatmosphäre bewegungslos geworden (Kühne 1864). Wird das Partiarvolumen der Luft in einem Wasserstoffgemisch auf ein Viertel bis ein Zehntel herabgesetzt, so vermindert sich die Herzpulsation von

Fischembryonen, Fundulus, auf ein Halb bis ein Drittel der normalen (Loeb und Wasteneys 1912 *Partiardruck*).

Umgekehrt gibt es aber auch ein Maximum des Sauerstoffpartiardruckes, dessen Überschreitung den Lebewesen Schwierigkeiten verursacht. Das Infusor Spirostomum ambiguum vermag einen Sauerstoffdruck von 160 *mm* Quecksilbersäule (= 21%) nicht mehr zu vertragen, das Optimum liegt schon etwas über 31 *mm*, bei 50 bis 60 *mm* vermögen diese Tiere noch dauernd am Leben zu bleiben (Pütter 1904); der ungehinderte Luftzutritt soll für Urtiere überhaupt mehr weniger schädlich sein (Pütter 1906). Aber auch die höheren Metazoen, welche einer reichlichen Luftzufuhr zum Gedeihen bedürfen, vertragen einen übernormalen Sauerstoffpartiardruck nicht, so gehen Säugetiere und Vögel bei 3 bis 4 Atmosphären Sauerstoffpartiardruck zugrunde (Bert 1878); ähnlich verhalten sich Frösche und Mollusken (Lehmann 1883, 1884).

Hieran ist nicht etwa die übernormale Erhöhung des Luftdruckes selbst schuldtragend, da ein gleicher Druck normal zusammengesetzter Luft noch gut vertragen wird. Kälte wirkt der Erstickung durch Sauerstoffüberdruck entgegen (Froschherz — Lehmann 1882).

Interessanterweise hemmt Sauerstoffüberschuß nicht nur die für das Leben notwendigen Oxydationsvorgänge, sondern auch anorganische Oxydationen, z. B. das Leuchten des Phosphors (vgl. Van de Stadt 1893, Bodländer 1899).

Ozon (O_3) tötet Bakterien, wird aber den Tieren wenig schädlich (vgl. Loew 1893, S. 15).

Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2), welches namentlich unter der Einwirkung der im Blute vorkommenden Katalase seinen Sauerstoff leicht abgibt, vermag in 0·01% neutralisierter Lösung ciliate Infusorien in $^1/_4$, $^1/_2$ (Paneth 1889) bis 1 Stunde (Bokorny 1896) zu töten; Frösche zeigen in 1%iger Lösung narkotische Erscheinungen (Bodländer 1884) und 25 cm^3 4%igen H_2O_2 tötete einen 3 *kg* schweren Hund unter denselben Erscheinungen, welche bei Anwendung komprimierten Sauerstoffes auftreten (Capranica und Colasanti 1882). Totes Eiweiß wird von H_2O_2 heftig oxydiert, während durch anorganische Fermente, z. B. kolloide Metalle, dieselbe Abspaltung von inaktivem Sauerstoff erfolgt, wie unter der Einwirkung der organischen, beim Absterben des Tieres rasch sich zersetzenden Katalase (Bredig 1901).

Außer Ozon und Wasserstoffsuperoxyd vermögen noch eine Reihe anderer Substanzen durch übermäßige Oxydation eine Zerstörung der Lebewesen herbeizuführen. Charakteristisch ist für diesen Prozeß das hypermangansaure Kali (MnO_4K), welches in 0·1%iger Lösung Infusorien in 1 Stunde (Bokorny 1896), in 0·02%iger insbesondere Paramaecium schon in 1 Minute abtötet (Binz 1867). Hingegen bedarf chlorsaures Kali (ClO_3K) eines Katalysators, um wirksam zu werden; Paramaecium wird erst in 6%iger Lösung nach 10 Minuten getötet (Binz 1867), hingegen werden Säugetiere rasch vergiftet (Mering 1885), da das Fibrin des Blutes auch im Reagenzglase noch das chlorsause Kali seines Sauerstoffes rasch entledigt (Binz 1879).

Auf einer zu raschen Oxydation sollen auch die giftigen Wirkungen der Halogene, Fluor, Chlor, Brom, Jod und ihrer sauren Salze beruhen: in Fluornatrium 1% verlor das Infusor Opalina ranarum nach 1 Stunde jede Reizbarkeit (Zahn 1901); auf Paramaecium wirkte Jod in 0·02%, Chlor in 0·008, Brom in 0·004 sofort letal (Binz 1867, Prowazek 1910), auch andere Infusorien starben im Laufe einer Stunde in 0·01%igen Lösungen dieser Halogene ab (Bokorny 1896).

Als Halogensalz ist selbst das gewöhnliche Kochsalz, Chlornatrium, giftig, wenn es in übernormaler Dosis gereicht wird: für Paramaecium ist eine 10%ige Kochsalzlösung sofort tödlich (Binz 1867), schon eine 5%ige bringt für dieselbe und andere Infusorien des Süßwassers, z. B. Vortizellen, dauernde Lähmung und Vergiftung mit sich, während Brom- und Jodnatrium dieselbe Wirkung erst bei 7·3% entfalten; die analogen Kaliumverbindungen verhalten sich entsprechend (Korentschewsky 1903); Bromkalium soll Paramaecium erst bei 17% sofort töten (Binz 1867).

Kochsalz ist auch für Säuger giftig (Kimmyser 1885). Hunde gehen binnen 24 Stunden ein, wenn ihnen mit der Nahrung 2·8 *g* NaCl pro *kg* Tier eingegeben werden; rascher wirkt Injektion in die Bauchhöhle (Marchand 1879); für Hunde und Kaninchen ist auch bei intravenöser Injektion 2·5 bis 3·7 *g* pro *kg* letal, KCl wirkt 53mal so giftig (Hermanns 1872); NaF tötet bei subkutaner Injektion Hunde und Katzen schon in 0·15 *g* pro *kg* Tier (Tappeiner 1889).

Als Oxydationsgift gilt auch Phosphor, der Infusorien bei 0·02% in 5 Stunden tötet (Bokorny 1896); in die Vena jugu-

laris mit 0·2 *g* roten Phosphors injizierte Kaninchen starben nach 6 bis 8 Tagen (Nasse und Neumann 1885).

Das für Warmblüter stark giftige Arsen ist für niedrigere Stufen viel weniger giftig: als in 1 *l* Brunnenwasser 0·2 *g* arsensaures Kali gebracht wurden, waren Vortizellen noch nach 2 Wochen am Leben; auch Insektenlarven verhielten sich ähnlich. In einer 0·1%igen Lösung starben Wasserschnecken, Wasserasseln und Wasserkäfer in 1 bis 2 Tagen, Würmer etwas später, zwei junge Molche lebten darin viele Wochen (Löw 1883). In arseniksaurem Natron 2% starb Ascaris erst nach $2^3/_4$ bis 4 Stunden (Schröder 1885).

b) *Reduktion.*

Im Gegensatze zu den durch Oxydation schädigenden Substanzen wirken andere durch Sauerstoffentzug schädlich: so wird das Oxyhaemoglobin des Wirbeltierblutes durch Schwefelwasserstoff, H_2S, in Methaemoglobin und eine schwefelhaltige Verbindung zerlegt; 25 *mg* wird bei Injektion für Kaninchen tödlich (Uschinsky 1893).

Kohlenoxyd, CO, wirkt ebenfalls auf Blut schädigend, ist für Sperlinge in der Atemluft schon bei $^1/_{450}$, für Hunde bei $^1/_{250}$, für Kaninchen bei $^1/_{70}$ tödlich (Gréhant und Quinquand 1888), für die wenig sauerstoffbedürftigen Kaltblüter aber viel weniger giftig.

Zu den die Sauerstoffaufnahme hindernden Stoffen gehören überhaupt alle jene, welche in die Amido- und Aldehydgruppen der Proteine eingreifen und ihre, gewöhnlich mit Wasserstoff und Stickstoff reichlich versehenen Moleküle an die Stelle von Sauerstoffgruppen substituieren und welche daher von Loew (1884) als „substituierende Gifte" zusammengefaßt wurden. Während diese Stoffe auf das sauerstoffbedürftige Lebewesen einen deletären Einfluß ausüben, sind besonders starke chemische Wirkungen auf das einmal tote, nicht atmende Protoplasma in der Regel nicht mehr nachzuweisen. Im Blut erzeugen sie aus Oxyhaemoglobin Methaemoglobin. Ammoniak NH_3 tötet Amoeben in 1%iger Lösung sofort (Bokorny 1896), höhere Tiere in 0·2—0·3% nach einigen Tagen (Lehmann 1886).

Hydroxylamin NH_2OH 1% hebt die Bewegung der Opalina ranarum in fünf Minuten, jene des Nervmuskelpräparates eines Frosches in 25 Minuten auf (Zahn 1901); 0·1% lähmt Rota-

torien und Molluskenmuskeln in 10—15 Minuten (Hofer 1890); es ist für die verschiedensten Wassertiere, Infusorien, Würmer, Insektenlarven, Krustazeen, Schnecken, noch in 0·005% giftig (Loew 1885). Frösche wurden durch 0·002 bis 0·003 *g* getötet (Raimundi und Bertoni 1882), eine 63 *g* schwere Schildkröte durch 0·1 *g* salzsaures Hydroxylamin in drei Stunden, eine Taube durch 0·05 *g* in drei Minuten (Lewin 1889); bei Hunden wirken 0·2 bis 0·3 *g* pro *kg* Tier eingenommen tödlich, in die Vene injiziert bereits 0·06 *g* (Gibbs und Reichert 1891).

Giftig sind auch organische Derivate des Hydroxylamins (vgl. Loew 1893, S. 41).

Diamid N_2H_4 tötet rasch Infusorien und andere niedere Wassertiere, sein Sulfat noch in 0·05% binnen 12 Stunden (Loew 1890); Phenylhydrazin $C_6H_5 . NH . NH_2$ 0·05 *g* in salzsaurer Lösung tötet bei subkutaner Injektion ein mittelgroßes Kaninchen, 0·5 *g* vom Magen aus (Hoppe-Seyler 1885). Tannin tötet Paramaecium sofort in 2%iger Lösung, Kreosot in 0·4%iger (Binz 1867); Karbol 0·5% wird von Ascaris drei Stunden ausgehalten (Schröder 1885); Dinitrokresol wirkt 0·05 *g* pro *kg* Hund tödlich, Martinsgelb oder Dinitro-x-Naphthol 0·3 *g* ebenso, hingegen ist Naphtholgelb s, eine Sulfosäure der letzteren Verbindung, unschädlich (Weyl 1888).

Zyankali KCN, für Warmblüter ein heftiges Gift (vgl. Loew 1893, S. 54), ist für Infusorien erst bei 0·02 bis 0·05% (Balbiani 1899) oder für Paramaecium 0·1% tödlich (Loeb 1898 *Verdünnung*); Spulwürmer, Ascariden, starben in 3%iger Lösung erst nach 1¼ Stunden (Schröder 1880). Auch die Zyklostomen vertragen Blausäure, HCN, noch in großen Dosen, selbst Injektion 2%iger Lösung, während die echten Fische, z. B. kleine Hechte, schon innerhalb einer halben Stunde durch 0·02 *g* getötet werden (Neudörfer 1907).

Warmblüter nehmen unter dem Einflusse von Blausäure weniger Sauerstoff auf und geben auch weniger Kohlensäure ab; es tritt innere Erstickung ein (Geppert 1889).

Der Unterschied gegenüber den Kaltblütern liegt offenbar in dem geringeren Sauerstoffbedürfnis der letzteren. Höchst bemerkenswert sind in dieser Beziehung die Versuche von Loeb (und seiner Schüler), durch Zyankaliumzusatz das vorzeitige Absterben von Eiern zu verhindern.

Während das Seesternei von Asterias Forbesii im befruchteten oder im unbefruchteten Zustande den gleichen Sauerstoffverbrauch besitzt und im unbefruchteten Zustande rasch verdirbt (Loeb und Wasteneys 1912 *Seesternei*), bleiben Seeigeleier längere Zeit in unbefruchtetem Zustande am Leben, da ihr Sauerstoffverbrauch erst mit dem Momente der Befruchtung einen vierfach größeren Wert erlangt (Loeb und Wasteneys 1911 *Variable*). Zur Wirksamkeit aller Mittel, welche die Befruchtung auslösen, auch der parthenogenetischen, also z. B. hypertonischen und hyperalkalischen Seewassers, gehört daher freier Sauerstoff (Loeb 1907 *Sauerstoff*; 1907 *Analyse*; Loeb und Wasteneys 1911 *Arbacia*, Loeb 1910 *Kernsynthese*).

Mit der Zytolyse der oberflächlichen Schichte des Eies durch membranbildende Mittel, wird dem Sauerstoff der freie Zugang zum Eiinnern verschafft; die Oxydationsgeschwindigkeit steigt und das Ei geht rascher als das unbefruchtete zugrunde, wenn nicht durch die hypertonische Lösung die Oxydation in „richtige Bahnen" gelenkt wird (Loeb 1908 *Unterschied*, 1911 *Leben*). Durch Zusatz von Zyankalium (0·2%ige Lösung) kann die fehlerhafte Oxydation des membranbildenden, aber nicht hypertonisch behandelten Eies von Strongylocentrotus purpuratus aufgehalten werden, indem der Sauerstoffverbrauch auf $1/4$ herabgesetzt wird (Loeb 1906 *Toxicity*) und auch das gänzlich unbefruchtete Ei kann eine weitere Lebensverlängerung durch noch weitere Herabsetzung der Oxydation unter Zyankaliumeinfluß erfahren (Loeb und Warren 1902 *Prolongation*).

Ebenso können auf befruchtete wie unbefruchtete Eier wirkende Gifte, welche durch fehlerhafte Oxydationen wirken, entgiftet werden, wie Neutralsalze der einwertigen Metalle, z. B. NaCl, KCl, LiCl, RbCl und CsCl (Loeb 1910 *Zyankalium*), ferner stark hyperalkalische Lösungen (Loeb 1910 *Seeigelei*); eine Spur Zyannatrium schützt frisch befruchtete Eier gegen die schädigende Wirkung des Chlornatriums (Loeb und Wasteneys 1910 *Natriumcyanid*; Warburg 1910).

Auch durch direkten Sauerstoffentzug mittels einer Wasserstoffdurchströmung können Giftwirkungen von NaCl, $CaCl_2$, Rohrzucker (Loeb 1906 *lack*), hypertonischen, hypotonischen, narkotischen (Loeb 1910 *Hemmung*) und hyperalkalischen Lösungen (Loeb 1910 *Hydroxyl*) aufgehoben werden.

c) Fällung (und Salzbildung).

Giftwirkungen von Metallsalzen, Laugen und Säuren beruhen einerseits auf der Bildung von Salzen mit den Proteïnkörpern, wodurch das Gefüge derselben lebensunfähig werden kann, anderseits auf der Fällung der Proteïnkörper aus ihrer Lösung. So geht das lebende Protoplasma von Paramaecium mit Säuren (HCl und H_2SO_4) und Alkalien (KOH und NaOH) Verbindungen ein, wobei Wasserstoff (H) und Hydroxil- (OH)Ionen verschwinden. Chlorionen bleiben hingegen in dem noch lebenden salzhaltigen Protoplasma, werden aber nach Verletzung oder Tod desselben an das äußere Mittel abgegeben (Barratt 1905).

Für Infusorien werden die folgenden letalen Minimaldosen angegeben: Hydrargyrum bichloratum 0·002%, Salicylsäure 0·05%, Benzoësäure 0·08%, Salzsäure 0·04% (Korentschewsky 1903); insbesondere auch für Paramaecium Salz-, Salpeter-, Schwefel- und Ameisensäure in 1 Minute, Kali-, Natron- und Lithiumlauge erst in 10mal stärkerer Konzentration in 5 Minuten (Barratt 1904); noch stärker als Schwefelsäure wirkt schwefelige Säure; Silbernitrat 0·002%, Zinksulfat 0·01% in 24 Stunden (Bokorny 1896); Zink- ebenso wie Eisenvitriol, Kali-Chromalaun und unterschwefligsaures Natron 20% in 2 Minuten, Kupfersulfat 0·3% sofort, Zinkchlorür 10% in ½ Minute, Quecksilberchlorid 0·012% in 1 Minute, Essigsäure 0·06%, 4% verdünnte NO_5-Säure vom spez. Gew. 1·045 und 3%-SO_3 von gleichem Gewichte sofort (Binz 1867), Lithiumchlorid 0·3% (Balbiani 1899); für Colpidien Zitronensäure 0·1% in 24 Stunden (Bokorny 1896).

Das Essigälchen, Rhabditis aceti, widersteht 4% Essigsäure (Loew 1893). Der Spulwurm Ascaris lumbricoides starb in 1%iger Kochsalzlösung mit Zusatz von 0·8% Schwefelsäure in 1¾ bis 2 Stunden, Natronlauge 1% in 5 bis 7, kohlensaures Natron 5·8% in 5 bis 6, kohlensaures Kali 5% in 3 bis 18, Salicylsäure konz. in 1 bis 3, Sublimat 0·1% in 1 Stunde (Schröder 1885). Oxalsäure, 0·01 *g* ist für einen Frosch mittlerer Größe letal, Malonsäure hat eine doppelt, Bernsteinsäure eine 4- bis 5mal so hohe Maximaldosis und ähnlich verhalten sich die analogen Natronsalze (Heymans 1889). Die Alkalimetalle Lithium, (Natrium), Kalium, Rubidium, (Caesium), als Chloride in Lösung gebracht, entfalten im allgemeinen eine ihrem Atomgewichte verkehrt proportionale Wirkung bei Injektion unter die Haut von Nacktschnecken, Krebsen, Fischen

(Schleihen), Fröschen, Schildkröten, Tauben, Meerschweinchen und Kaninchen, und zwar erhält man die letale Minimaldosis für 1 *kg* Tier, wenn man das Atomgewicht in Grammen mit 0·0128 multipliziert (Richet 1885 *lithium*). Analog verhalten sich die Brom- und Jodverbindungen derselben Metalle für Fische, Tauben und Meerschweinchen geprüft (Richet 1886). Doch hat Caesium, intravenös und subkutan beim Hunde geprüft, eine geringere Minimaldose als Rubidium (Richet 1885 *rubidium*). Die Erdalkalimetalle Kalzium, Strontium und Baryum entfalteten anscheinend gerade mit steigendem Atomgewichte eine höhere Giftwirkung: während Fische (Serranus, Ctenolabrus, Julis) bei 24·17 *g* Na auf 1 *l* Meerwasser in 48 Stunden eingingen, trat in der gleichen Zeit der Tod schon bei 2·4 *g* Ca, 2·2 Sr, 0·78 Ba ein, doch bildet hier wieder Magnesium mit 1·5 eine Ausnahme.

Die Schwermetalle reihen sich überhaupt keiner solchen Regel ein, außerordentlich giftig ist Quecksilber mit 0·00029 *g* (Richet 1881, vgl. auch 1882 *coeur*), das auch in seinen sonstigen Verbindungen starke Giftwirkung auf Fische und Frösche entfaltet (Dreser 1893); 0·015 *g* sind für Kaninchen letal, im allgemeinen 0·010 *g* pro Kilogramm Säugetier (vgl. Loew 1893).

Eigentlich kann man von einer Giftigkeit einer bestimmten Konzentration schlechthin nicht sprechen, da es für die meisten Stoffe darauf ankommt, ob neben ihnen in der Lösung andere Stoffe vorhanden sind, welche ihre Wirkung mehr oder weniger abzuschwächen geeignet sind.

Der Fisch (Fundulus) vermag zum Beispiel in destilliertem Wasser ohne Salze völlig normal sich zu entwickeln und weiterzuleben (Loeb 1911 *Fundulus*), falls nicht eine Anhäufung von Kohlensäure (Loeb 1912 *Versuche*) oder Sauerwerden des Wassers durch bakteriellen Abbau von Zucker (Loeb 1912 *Sugar*) den Tod herbeiführt. Hingegen vertragen junge Fundulus nicht reine NaCl- oder KCl-Lösung schwacher Konzentration (wie auch Seeigelembryonen und die Kontraktion der Meduse Gonionemus — Loeb 1900 *proteïd*, 1903 *Giftigkeit*, 1903 *toxicity*).

Werden nun geringe Mengen zwei- oder dreiwertiger Kationen, z. B. als Kalziumchlorid oder Zinksulfat, in die Lösung mit eingebracht, so tritt eine Entgiftung ein (Loeb 1901 *Wertigkeit*, *Valency*), wobei 1 Molekül Zinksulfat für die Entgiftung von 1000 Molekülen Kochsalz der eben giftigen Konzentration ausreicht, während 50 Moleküle Kochsalz auf 1000 Moleküle

Zinksulfat der eben giftigen Konzentration zur Entgiftung notwendig sind (Loeb 1902 *Rolle*, 1911 *Mechanismus*). Die entgiftende Wirkung wird durch Ionen gleicher, nicht entgegengesetzter elektrischer Ladung herbeigeführt. Unter „Entgiftungskoeffizient" versteht man das Verhältnis der Konzentration des giftigen zu derjenigen des antagonistischen Salzes, die eben zur Entgiftung der Lösung ausreicht (Loeb 1911 *Entgiftung*).

Der Entgiftungskoeffizient für Säuren HCl und HNO_3 durch NaCl beträgt $\frac{1}{166}$, für Buttersäure verschiedener Konzentrationen $\frac{1}{100}$, Essigsäure $\frac{1}{33}$; die entgiftende Wirkung des $CaCl_2$ ist 8- bis 11 mal so groß (Loeb u. Wateneys 1911 *Säuren*).

Außer von der Wertigkeit ist der Entgiftungskoeffizient noch von einer Reihe anderer Faktoren abhängig:

Zusatz von NaCl zu einer für Fundulus giftigen KCl-Lösung beschleunigt die Giftwirkung, so lange weniger als 8 bis 10 Moleküle NaCl auf 1 Molekül KCl vorhanden sind, obzwar die betreffende Kochsalzkonzentration an sich völlig ungiftig wäre; sicher tritt Entgiftung ein, sobald 17 oder mehr Moleküle auf 1 Molekül KCl kommen. Versuche mit Na_2SO_4 zeigen, daß beide Wirkungen auf das Na-Ion zurückzuführen sind (Loeb 1911 *KCl*).

NaCl ist nicht so giftig wie $CaCl_2$ oder $MgCl_2$; aber in Verbindung mit einer Reihe von Anionen, Br, HO, NO, CH_3COO, SO_4, ist Ca respektive Mg weniger giftig als Na.

Die relative Giftigkeit der Ionen ändert sich auch mit der allgemeinen Konzentrationsstärke: in niedriger Konzentration ist die entgiftende Wirkung des Ca größer als die des Na; von einer gewissen Konzentration an ist jedoch das Na weniger schädlich als die zu seiner Paralysierung erforderliche Ca-Menge. Ist das Anion so giftig, daß alle Versuche in relativ niedrigen Konzentrationen der Salze spielen, so ist daher das Ca-Salz weniger giftig als das Na-Salz desselben Anion, und vice versa (Loeb 1912 *Anion*).

Außerdem kommen spezifische Ionenwirkungen noch in Betracht: so kann die Giftwirkung des KCl durch $CaCl_2$, $SrCl_2$ oder $BaCl_2$ in fast gleicher Weise, nicht aber durch äquimolekulare Menge von $MgCl_2$ erfolgen (Loeb 1911 *Calcium*); die Wirkung von $NaNO_3$, NaI, NaCNS, essigsaurem und buttersaurem Na wird durch Zusatz von NaCl oder noch besser $CaCl_2$ paralysiert, andere Ca-Salze haben aber weniger Wirkung, hin-

gegen ist hier $MgCl_2$ wirksam. Na_2SO_4 wird nicht durch NaCl, wohl aber durch kleine Dosen von $CaCl_2$ entgiftet, gleiche Konzentrationen von $CaSO_4$, $CaBr_2$, $Ca(NO_3)_2$, $Ca(CH_2COO)_2$ haben geringe Wirkung. Eine Mischung von $\frac{n}{8}$ NaCl + KCl + $CaCl_2$ in dem Verhältnisse der Salze im Meerwasser hemmt die Giftwirkung von NaBr, NaI, $NaNO_3$, NaCNS, $NaCH_3COO$ = $NaCH_3CH_2CH_2COO$ am besten (Loeb 1912 *NaI*).

Befruchtete Seeigeleier werden bei schwach saurer Reaktion gegen die Giftwirkung des NaCl besser durch K, bei alkalischer besser durch Ca_2 geschützt; am besten ist gleichzeitiger Zusatz beider Entgifter (Loeb 1910 *Konzentration*). Überhaupt ist für die normale Entwicklung des Strongylocentrotuseies eine Substanz notwendig, welche Säuren zu neutralisieren vermag, am besten $NaHCO_3$ (Loeb 1904 *Natur*).

Die Entwicklung der Seeigellarven wird deshalb bei Zusatz von $1^1/_2$ bis 2 cm^3 $\frac{n}{10}$ NaHO zu 100 cm^3 Seewasser erheblich beschleunigt (Loeb 1898 *Verdünnung*) und das Wachstum von Tubularien günstig beeinflußt (Loeb 1904 *Tubularia*). Die Seeigeleier können durch zweierlei Zytolyse zugrunde gehen, die eine Form, sogenannte „Schattenbildung", tritt bei Abwesenheit von Ca, aber Anwesenheit von NaCl, KCl und NaHO auf und wird durch Ca-Zusatz verhindert; die andere Form tritt bei Fehlen von K auf und wird durch KCl-Zusatz gehemmt (Loeb 1907 *Salzen*).

Ebenso sind für die Herztätigkeit von Fundulusembryonen K und Ca bloß notwendig, um schädigende Wirkungen des NaCl aufzuheben (Loeb 1900 *Bedeutung*).

Auch Anionen können einander gegenseitig entgiften: während Fundulus in $\frac{n}{200}$ NaBr-Lösung typische Bromvergiftung zeigt, hört die schädigende Wirkung auf, sobald durch Zusatz von NaCl oder $CaCl_2$ oder $MgCl_2$ oder ein anderes Chlorid die Anzahl der Cl-Ionen das Doppelte der Br-Ionen wird (Loeb und Wasteneys 1912 *Natriumbromid*).

Der Antagonismus zwischen einwertigen Kationen, wie es die Alkalielemente (z. B. K) sind, und zweiwertigen Kationen, wie es die Erdalkalielemente (z. B. Ca_2) darstellen, läßt sich im Reagenzglase durch die Aufhaltung der Eiweißfällung bei gleichzeitigem Zusatze beider Ionen nachahmen, wobei ebenso wie in den physiologischen Versuchen eine kleine Menge des zweiwertigen Elementes imstande ist, eine weit größere Menge des einwertigen zu kompensieren. Dabei handelt es sich darum,

daß die elektropositiven Kationen mit elektronegativem Eiweiß reagieren, wobei ein möglichster Ausgleich der Ladungen stattfinden muß. Um das stärker dissoziierende Alkaliion in der Carboxylgruppe des Proteïns dauernd festzuhalten, wird aber ein bedeutender Überschuß von Alkaliionen über die Erdalkaliionen vorhanden sein müssen, da sonst alle Erdalkaliionen rasch festgelegt werden (Pauli u. Handovsky 1910). Spezifische Ionenwirkungen erklärt diese Annahme nicht, eine solche soll auf der verändernden Wirkung der Oberfläche von Eiern durch Salze (Loeb 1911 *Röle*) oder der Kiemen von Fischen beruhen, wobei verschiedene Salze verschieden rasch diffundieren (Loeb und Wasteneys 1911 *Natriumchlorid*).

Funduluseier schwimmen länger als 3 Tage auf einer äquilibrierten hypertonischen Lösung, gehen aber schon nach einer halben Stunde unter in einer gleich starken, jedoch bloß mit einem Salze, Mg-, Ca-, Sr- oder $BaCl_2$- gebildeten Lösung. Das spricht sehr für die Veränderung der Durchgängigkeit oberflächlicher Schichten je nach den Salzen der Lösung (Loeb 1912 *Permeabilität*).

d) *Lösung (und spezielle Vergiftung).*

An die eiweißfällenden Metalle, Säuren und Basen schließen sich eine Reihe leicht flüchtiger Kohlenstoffverbindungen an, die schon in so geringen Konzentrationen auf die Tiere einwirken, daß die durch sie bewirkte direkte Fällung nicht die alleinige Ursache für ihre Giftwirkung abgeben kann. Loew erblickte in der Tatsache, daß Chlorwasserstoff und Blausäure, welche sonst erst bei höherer Temperatur zusammentreten, sich bei Gegenwart von Ätherarten selbst bei — 15° C verbinden, die Ursache für die schädigende Wirkung auf Lebewesen in der katalytischen Eigenschaft der flüchtigen Stoffe. Dabei setzen jedoch Äther, Chloroform, Chloral und Alkohol die Oxydation der Gewebe herab (Nencki u. Sieber 1883). Bei ausgebildeten Tieren ist eine starke Einwirkung auf das Zentralnervensystem bemerkbar, daher diese Stoffe alle „Narkotika“ sind. Bei indifferenten Narkotizis, Alkoholen, Urethanen und Estern, ist, abgesehen von den Anfangsgliedern der Reihe, eine Zunahme des Wirkungsgrades im Verhältnis von $1 : 3 : 3^2 : 3^3$ in bezug auf blutlösende Wirkungen zu erkennen. Das ist dasselbe Verhältnis, in welchem diese Substanzen die Oberflächenspannung des Wassers beeinflussen.

Die Säureamide zeigen nicht mehr diese regelmäßige Zunahme des Wirkungsgrades und ganz abweichend verhalten sich die elektrolytisch dissoziierten Basen und Säuren. — Trotzdem sich diese Produkte kapillar ebenso verhalten wie die indifferenten Narkotika, zeigen sie in ihrem hämolytischen Verhalten kein Ansteigen, sondern ein Abnehmen mit steigendem Molekulargewichte (Fühner 1907). Der Zusammenhang zwischen Oberflächenspannung und Giftwirkung deutet bei den Narkotizis darauf hin, daß die Löslichkeit derselben in bestimmten Substanzen der Lebewesen, gemäß der Meyer-Overtonschen Theorie, eine entscheidende Rolle spielt. Im Sinne dieser Theorie, welche die besonders leichte Löslichkeit der Narkotika in den Lipoidhüllen der nervösen Organe betont, steigt auch die Giftwirkung mit zunehmender nervöser Differenzierung an, wie Versuche an Seeigeleiern (Fühner 1903), Convoluta (Fühner 1906) zeigen, bis bei der Elritze, Phoxinus, in der oben für Blutkörperchen angegebenen Reihe an Stelle von 3 überall 4 tritt (Fühner 1912). Die zunehmende Giftigkeit höherer Alkohole beweisen auch Versuche an Infusorien, Ostrakoden, Krötenlarven von Bufo vulgaris (Tsukamoto 1895) und Injektionsversuche am Hunde (Gibbs u. Reichert 1891).

Daß die hohe Giftigkeit des Alkohols nicht allein auf der Affizierung des Nervensystems beruht, zeigt der Nachweis des deletären Einflusses von chronischer Alkoholeinatmung auf die Nachkommenschaft von Meerschweinchen, selbst wenn bloß der Vater alkoholisiert war (Stockard u. Craig 1912).

Noch speziellere Gifte als die Alkohole und ähnliche Kohlenstoffverbindungen sind die organischen Basen oder „Alkaloide“, denn für niedere Organismen liegen die letalen Minimaldosen recht hoch, während die Nerven differenzierter Tiere rasch ihren Wirkungen erliegen.

Hierbei ist es von besonderem Interesse, daß zwei Urtiere, bei denen besonders differenzierte „Neurophane“ entdeckt wurden, sich als sehr empfindlich gegen Nikotin erwiesen, nämlich Stentor coeruleus und Spirostomum ambiguum (Neresheimer 1903). Als Minimaldosen für letale Wirkungen an Urtieren werden folgende angegeben: γ-Phenyl-p-Metoxychinaldin 0·1 % sofort, desgleichen γ-Phenylchinaldin und ähnliche, Chinaldin $1^1/_2$ bis 2, Cinchonin 15 bis 16 Stunden, Chinin 15 bis 16 Minuten (Grethe 1896); insbesondere für Paramaecium Chinin 0·25 % sofort (Binz 1867); Strychnin 0·01 % 5 Minuten (Schürmeyer 1890); für

Paramaecium ist 0·1$^0/_0$ Morphinlösung, Muscarin und Curare 0·02$^0/_0$ kaum giftig (Binz 1867), für Spirostomum, Stentor und Carchesium Curare in starker Lösung ebenfalls unwirksam (Verworn 1889); Opalina, welche von 1$^0/_0$ Formaldehyd in 5 Minuten getötet wird, erträgt die gleiche Konzentration Strychnin, Curare und Morphin mehr als 30 Minuten (Zahn 1901); Paramaecium und Vorticella starben in Coffeïnum purum 1·1$^0/_0$, C. natriosalycilicum 2·5$^0/_0$, C. natriobenzoïcum 3·3$^0/_0$, Theobrominum natriosal. 2·4$^0/_0$, Strychninum nitricum 0·06$^0/_0$, Veratrinum muricatum 0·08$^0/_0$, Physostigminum salicylicum 0·55$^0/_0$, Strophantinum purum 1$^0/_0$, Morphium muriaticum 2·5$^0/_0$, Antipyreninum 6·7$^0/_0$, Cocaïnum muriaticum 5$^0/_0$ (Korentschewsky 1903), Zygoselmis in Cocaïn 0·001$^0/_0$, Atropinsulfat 0·05$^0/_0$, Strychnin-Chlorhydrat 0·02$^0/_0$, Morphin-Chlorhydrat noch nicht bei 2$^0/_0$ (Charpentier 1885). Nikotin, das bei den meisten Protozoen und Aktinien fast unwirksam ist, tötet Hydra erst bei 0·5$^0/_0$; mit zunehmender Differenzierung des Nervensystems nimmt die Wirkung rasch zu: Medusen werden bereits bei 0·05$^0/_0$ paralysiert und diese Lösung tötet einen Regenwurm in wenigen Stunden; der Cephalopode Sepiola wird schon bei 0·05$^0/_0$ in weniger als 1 Minute getötet (Greenwood 1890), Ascaris von 0·1$^0/_0$ bereits in 16 bis 20 Minuten (Schröder 1885).

Die Wirkungen der Alkaloide auf die höheren Tiere sind untereinander sehr verschieden und es kann hier, wo wir nicht die speziellen Funktionen des Nervensystems betrachten, nicht darauf eingegangen werden (vgl. Loew 1893 u. Kobert 1906).

Direkten Einfluß auf den Gaswechsel höherer Tiere, Hund und Katze, übt Morphium kaum aus. Digitalis vermehrt den Stoffwechsel zunächst durch vermehrte Blutzufuhr. Überhaupt vermindern nicht etwa alle Gifte, welche reduzierend oder fällend wirken können, zunächst den Stoffwechsel, wie dies z. B. das Chinin tut. So bewirken zwar mäßige Alkoholgaben eine Verminderung des Gaswechsels bei Hund und Katze, größere aber eine Vermehrung durch Vermehrung der Muskeltätigkeit (Boeck und Bauer 1874). Wahrscheinlich setzt umgekehrt eine giftige Lösung von NaCl den Sauerstoffverbrauch der Meduse Gonionemus herab, indem sie die rhythmischen Kontraktionen hemmt; diese Art der Giftwirkung kann dann auch nicht durch KCN-Zusatz aufgehoben werden (Loeb u. Wasteneys 1910 *Stillstand*).

Eine indirekt schädigende Wirkung üben endlich noch jene Stoffe aus, welche als Stoffwechselprodukte entstehen und ausgeschieden werden müssen, um das Weitergehen des Stoffwechsels zu ermöglichen. So ist der gewöhnliche Harnstoff für Tiere ein relativ schwaches Gift, ein Hund wird erst durch Injektion von 4, ein Kaninchen durch 10, Meerschweinchen durch 20, Tauben durch 28, Frösche durch 33 *g* pro *kg* Tier getötet (Gréhant u. Quinquaud nach Loew 1893, S. 100*). Bei Anhäufung wirken Harnstoff und die anderen Abscheidungsprodukte sehr schädlich ein. Hierauf beruht die lange unerklärliche vermindernde Wirkung kleiner Behälter auf die Größe der darin wachsenden Wasserschnecken, Lymnaeus stagnalis (Semper 1873). Wird fließendes Wasser verwendet oder das Wasser regelmäßig gewechselt, so verschwindet mit der Beseitigung der Abfallsprodukte auch der verkleinernde Einfluß des kleineren Behälters (Legendre 1908).

2. Feuchtigkeit.

Für die Erhaltung des Lebens läßt sich im allgemeinen ebensowenig ein Maximum wie ein Minimum an Feuchtigkeit des umgebenden Mediums angeben. Leben doch einerseits viele Tiere im Wasser und gehen die übrigen im Wasser nur aus indirekten Ursachen, wie Sauerstoffmangel und Wärmeabgabe, zugrunde, während anderseits manche Formen einer Austrocknung der gewohnten Umgebung, ja selbst einer vollständigen Desikkation unter Schwefelsäure und im Vakuum widerstehen. So vermag der Embryo des Nematoden Strongylus rufescens Trockenheit 68 Tage und länger (Railliet 1892), Rädertiere und Tardigraden mindestens ebensolange (Broca 1861) zu ertragen.

Die Ursache für diese scheinbare Unbegrenztheit des Feuchtigkeitsgrades liegt jedoch wahrscheinlich in dem Abschlusse des Organismus gegen eine zu starke Verschiebung seines Wassergehaltes.

Die Fähigkeit der Rotiferen, Desikkation auszuhalten, beruht auf der Abscheidung einer gelatinösen Kapsel. Wird diese zerdrückt und dadurch der Wasseraustritt aus dem Tier ermöglicht, so geht dieses zugrunde. Daß Gelatine wirklich den Wasseraustritt zu hindern imstande ist, wurde durch gelatineüberzogene Trauben bewiesen, die, in einen luftleeren, durch Schwefelsäure getrockneten

---

*) Die Originalzitate konnte ich nach Loews Zitat nicht finden.

Raum gebracht und nach einer Woche wieder herausgenommen, vollkommen turgeszent, saftig geblieben waren (Davis 1873).

Da alle Tiere eine bestimmte Menge nicht chemisch gebundenen Wassers in flüssiger Form enthalten, so ist es nicht verwunderlich, daß die Feuchtigkeit der Atmosphäre selbst im höchsten Grade bloß indirekt schädigende Wirkungen ausübt, z. B. Verhinderung der für die Konstanthaltung der Körpertemperatur von Warmblütern in den Tropen erforderlichen Verdunstung von der Hautoberfläche. Deutlich zeigt sich aber die Ursache für das anscheinende Fehlen eines Feuchtigkeitsmaximums bei den Wassertieren, von welchen die niedrigen Seetiere eine Verminderung der Salzkonzentration durch ein Steigen ihres Wassergehaltes büßen und daher zugrunde gehen, während höhere Tiere, durch besser abgeschlossene Häute gegen den Wassereinbruch geschützt, dauernd diese Gefahren überstehen.

Diese Frage hängt innig mit den Grenzen eines andern äußern Faktors zusammen, nämlich der Dichte oder Konzentration.

3. Dichte des Mediums.

Bekanntlich üben alle Moleküle der in Lösung befindlichen Substanzen einen Konzentrationsdruck aus, und zwar jedes Molekül den gleichen Druck. Lösungen mit relativ gleicher Anzahl gelöster Moleküle werden isotonisch genannt.

Zur Erzeugung des osmotischen Druckes ist eine gewisse Durchlässigkeit der Gefäßwände notwendig, welche als sogenannte halbdurchlässige oder semipermeable Membranen fungieren müssen, nämlich den Austausch der Salze verhindern, gleichzeitig aber den Eintritt von Wasser erlauben, das zu einer dichteren Salzlösung hinzuströmt, in dem Bestreben, die Konzentration auszugleichen. Wie bereits gelegentlich der Besprechung künstlicher Zellen erwähnt, können semipermeable Membranen nicht bloß durch tierische Blase oder vegetabilisches Pergament, sondern auch durch anorganische Mittel, z. B. Ferrocyankupfer in Ton niedergeschlagen, hergestellt werden.

Der Vorgang des Ansaugens von Wasser in solche Zellen wird als „Osmose“ und daher der im Innern der Zelle herrschende Druck als osmotischer Druck bezeichnet. Da es von der Struktur der Membran und der etwa in Lösung befindlichen Salze abhängt, ob letztere leichter oder schwerer zurückgehalten werden,

so sind isotonische Lösungen nicht auch immer isosmotisch. Der physiologische osmotische Druck ist also vom physikalischen insoferne zu unterscheiden (vgl. Pauli, Ergebnisse der Physiologie I, 1902), als letzterer bloß von der Anzahl gelöster Moleküle abhängt, ersterer aber auch noch von der Natur der Membran und der Diffusionsgeschwindigkeit verschiedener Stoffe durch diese Wandung beeinflußt wird. Dies kommt z. B. bei der Wirksamkeit solcher Lösungen zum Ausdrucke, welche als hypertonisch die künstliche Parthenogenese von Seeigeleiern hervorrufen: an und für sich isotonische Lösungen von Harnstoff, KCl, NaCl, Glyzerin, LiCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, Traubenzucker und Rohrzucker üben wegen der in dieser Reihenfolge abnehmenden Diffusionsgeschwindigkeit eine immer geringere Wirkung aus (Loeb 1908 *Unterschied*).

Lösen sich in einer Zelle Salze auf, welche die tonische Konzentration erhöhen, so ist dadurch eine Möglichkeit für einen Konzentrationsstrom gegeben, bei dem Wasser ein-, Salze austreten sollen.

Ist die Wandbeschaffenheit derartig, daß bloß der erstere Vorgang, die Wasserverschiebung, nicht aber zugleich Salzaustritt möglich ist, so wird das eindringende Wasser einen erhöhten hydrostatischen Druck auf die Innenwände, also eine beträchtliche Erhöhung der Wandspannung, des sogenannten „Turgors“, hervorrufen. (Vom Turgor auch bei den Tieren sprach wohl zuerst Loeb in Untersuchungen z. morph. Physiol., Würzburg, Hertz 1891.) Durch das eindringende Wasser wird aber zugleich die Salzkonzentration verdünnt (wodurch also der rein osmotische Druck sinkt!).

Mißt man mittels eines eingesteckten im Verhältnis zur osmotischen Zelle engen Röhrchens von kleinem Volumen die Steighöhe des Wassers, so erhält man zunächst jene Höhe, welche praktisch dem osmotischen Druck entspricht und mit jenem identisch gefunden wird, der sich aus der Gefrierpunktserniedrigung oder der sonstwie bestimmten Salzkonzentration feststellen läßt.

Mit der Zunahme des eindringenden Wassers (oder bei Verwendung von Röhrchen, deren Volumen nicht im Verhältnis zur Größe der Zelle vernachlässigt werden kann), wird jedoch der durch die Steighöhe gemessene osmotische Druck nicht mehr dem ursprünglich enthaltenen Salzgehalte, sondern dem der nunmehr verdünnten Flüssigkeit entsprechen. In diesem Falle messen

wir einen hydrostatischen Druck, der allerdings durch den ursprünglichen Salzgehalt veranlaßt war.

Als „Turgor“ ist also jener hydrostatische Druck anzusehen, der dem osmotischen Enddruck das Gleichgewicht hält. Mit dem Eindringen des Wassers in Zellen steigt der Turgor, während der osmotische Druck sinken muß. Die sehr turgeszenten embryonalen Zellen haben einen geringen osmotischen Druck, sobald wir diesen durch Gefrierpunktserniedrigung oder direkte Salzkonzentrationsbestimmung (Aschegehalt etc.) bestimmen, hingegen einen hohen Wassergehalt und Wasserdruck. Die Membranen junger Zellen, welche infolge ihrer Zartheit die Möglichkeit bieten, Wasser aufzunehmen, ohne Salze austreten zu lassen, wirken als osmotische Pumpen und erhöhen dabei ihren eigenen hydrostatischen Druck.

Was nun die Grenzen des osmotischen Druckes anbelangt, welche den Tieren tödlich werden, so sind dieselben durch die Wirkungsart des Druckes gegeben: die Grenze des Widerstandes ist erreicht, wenn die Zellwände dem gesteigerten hydrostatischen Drucke nicht mehr standhalten und daher reißen oder platzen, worauf eine Vermischung des umgebenden Mediums mit dem Zellinhalte stattfindet, welche das Funktionieren der Zellen aufhebt. Im allgemeinen bestimmt daher die Dicke der Hautbedeckung, ob einer Lösung bestimmter Konzentration länger oder kürzer Widerstand geleistet und dem Tiere das Leben länger oder kürzer erhalten wird. So lebten in Seewasser geworfene enderwachsene Insekten des Süßwassers unbegrenzt, Insektenlarven 6 bis 4 Stunden, Entomostraka weniger als eine Stunde, der Wurm Nephelis 5 bis 7, Planaria 4, Hydra bloß 1 Minute (Plateau 1871); Mollusken und Krebse aus dem Meere mit ihren dicken Panzern widerstehen auch viel länger dem Süßwasser als Würmer und Coelenteraten (Gogorza 1891).

Selbstredend ist die Geschwindigkeit des Absterbens auch von der angewendeten Konzentrationsdifferenz abhängig. Aus den experimentellen Daten von Gogorza hat Davenport (1897, S. 83) berechnet, daß mit der Abnahme der Konzentration an Salz die Widerstandszeit von Seetieren durchschnittlich im Logarithmus aus der die Konzentration angebenden Prozentzahl an Salzen im Wasser abnimmt.

Während die niederen Tiere eine allmähliche Veränderung des äußern osmotischen Druckes innerhalb nicht zu großer

Grenzen dadurch bald zu kompensieren imstande sind, daß sie eine Verschiebung des Wassers und der Salze durch ihre Membranen vornehmen, so daß der innere osmotische Druck nur wenig vom äußern abweicht (Asteriden, Aplysia, Octopus, Sipunculus, Carcinus — Quinton 1900), soll bei Knorpelfischen bloß eine Verschiebung des Wassers, nicht aber ein Austreten von Salzen möglich sein (Frédéricq 1891), während Knochenfische des Seewassers einen nur halb so hohen Druck als dieses hätten. Diesen Angaben stehen aber andere Versuche gegenüber, nach welchen Petromyzonlarven, Sterlete (Acipenser ruthenus), Hechte (Esox lucius), Karauschen (Carassius vulgaris) und Karpfen (Cyprinus) für Wasser und Salze durchgängige Kiemen besitzen und bei Übertragung in Seewasser (einer Konzentration mit Gefrierpunkt — 1°) zugrunde gehen. Bloß der Aal zeigte für Salze, aber auch für Wasser undurchgängige Kiemen (Neudörfer 1907). Unabhängig vom äußern osmotischen Druck sind die Wirbeltiere, z. B. die Seeschildkröte, Thalassochelys, da ihre Bedeckung weder Wasser noch Salz durchlassen (Quinton 1904); unter den Krustazeen ist der Flußkrebs durch einen weit über dem Aufenthaltswasser liegenden innern osmotischen Druck ausgezeichnet (Frédéricq 1899).

4. Mechanische (Molare) Agentien.

Ebenso wie der osmotische oder der veränderte Atmosphärendruck durch Zerreißung der Membranen eine Vernichtung der Lebensfähigkeit mit sich bringen (in bezug auf Luftdruck sei an die Kaisson- und Bergkrankheit erinnert), so sind auch die Grenzen für mechanischen oder molaren Druck und Zerschneidung dann gezogen, wenn die Teile des Tieres derart auseinandergebracht (vgl. Kap. III und die zwei ersten Bände Exp. Zool.) oder mit dem Außenmedium vermischt wurden, daß der Stoffwechsel nicht mehr normal vor sich zu gehen imstande ist.

Denselben Effekt dürften fortgesetzte Erschütterungen haben, wenn auf Eisenbahnfahrten mitgenommene Hühnereier zunächst sich entwicklungsunfähig zeigten, später sich zum Teil jedoch erholten (Dareste 1891, S. 569).

5. Schwerkraft.

Auch nicht anders als durch eine Erhöhung des im Innern der Tiere herrschenden Druckes ist es zu erklären, daß dauernd

gleichförmig zentrifugierte Tiere bei einer bestimmten Stärke der veränderten Schwerkraftswirkung absterben. Zentrifugalkraft, die einen Druck von 12 bis 14 *g* auf je 1 cm^2 des Körpers von Hühnerkücken ausübte, welche auf einer Drehscheibe rotiert wurden, führte den Tod in der dritten bis vierten Woche herbei, auch Meerschweinchen verhielten sich ähnlich, Fische, Esox und Carassius, blieben zwar mehrere Monate am Leben, hörten aber zu wachsen auf.

Bei einer Drehungsgeschwindigkeit, welche 8 bis 10 *g* Druck auf 1 cm^2 ausübte, gelang es zum ersten Male eine vollständige Entwicklung des Hühnereies zu erhalten (v. Stein 1910; über den Einfluß veränderter Schwerkraft auf die Entwicklung von Eiern vgl. auch Embryogenese Kap. IX, 5).

Paramaecien wurden bei 10.000 bis 12.000 Umdrehungen in der Minute nicht beschädigt, während Eier eine Sonderung in verschieden schwere Stoffe zeigten (Lyon 1905). Mißbildungen traten an Paramaecien auf, als sechs Tage lang $\sqrt{764}$ Umdrehungen in der Minute oder einen Tag lang $\sqrt{1318}$ bei einem Radius der Zentrifuge von 10 *mm* fortgesetzt eingewirkt hatten (Mac Clendon 1909).

6. Elektrizität und Magnetismus.

Durch elektrische Ströme können einzellige Tiere zum Zerfließen oder Zerplatzen gebracht werden (Kühne 1864, Ludloff 1895, Verworn 1889, 1890, 1896; alle ohne präzise Angaben über letale Minimalstärken). Die verschiedenen, mehrzelligen Tierarten reagieren sehr verschieden auf die Einwirkung des elektrischen Stromes.

„Es gelingt ohne weiteres, mit dem Straßenstrome (Gleichstrom von 460 Volt Spannung) ein Pferd zu töten. Wird die Zeitdauer der Einwirkung verlängert, so verträgt ein Pferd nicht einmal die unipolare Berührung eines Gleichstromes von nur 110 Volt Spannung; es geht bald darauf zugrunde.“

„Mäuse, besonders junge, bezahlen den Kontakt schon von ganz schwachen Strömen (30 Volt Spannung) mit dem Leben.“

„Im großen Gegensatze dazu stehen Laubfrösche und Schildkröten, die gegen Elektrizität geradezu immun zu sein scheinen. Man vermag diese Tiere durch Elektrizität (bis zu Spannungen von 10.000 Volt!) nicht zu töten; höchstens ver-

brennen sie im elektrischen Lichtbogen, der die Temperatur von vielen tausend Grad Celsius entwickelt."

„Meerschweinchen, Hunde und Kaninchen halten die Mitte, wobei die ersteren zwei Tiergattungen viel empfindlicher als Kaninchen sind. Mit einem technischen Wechselstrom von 1000 Volt Spannung kann man ein Kaninchen nicht immer sicher töten."

Die größten Verschiedenheiten hängen mit dem Leitungswiderstande des Tierkörpers derart zusammen, daß einem geringen Widerstand (Pferd 16 bis 20 Ohm) eine geringe, einem großen (Schildkröte ∞, d. h. Nichtleiter) eine große Widerstandskraft zukommt. Doch spielen offenbar auch andere Umstände, wie die Differenzierung des Nervensystems eine Rolle, da der unempfindliche Frosch höchstens 20.000 Ohm, Meerschweinchen und Kaninchen aber bis 350.000 Ohm (der Hund ganz trocken bis ∞), ergeben; die elektrizitätsempfindliche weiße Maus hat mit 30.000 Ohm auch noch mehr Widerstand als der Frosch. Der Tod durch elektrischen Strom erfolgt entweder blitzartig oder indirekt durch Lähmung des Herzens oder der Atmung. Die Narkose vermag dem elektrischen Tode entgegenzuarbeiten, ein weiterer Beweis für die Mitwirkung des Nervensystems (Jellinek 1903).

Ob es Versuche über ein eventuell für das Gedeihen von Tieren erforderliches Minimum von Elektrizität in der Atmosphäre u. s. f. gibt, ist mir nicht bekannt. Magnetische Felder von 5000 (Faraday) bis 8000 (Weiß) Einheiten C. G. S.-Maß beeinflussen Einzellige, Loxophyllum, Colpidium, Stylonichia, Oxytricha, Vorticella, schädlich; es gab viele Tote und die geteilten wuchsen nicht heran (Chemeveau und Bohn 1903).

7. Strahlende Energien.

Obzwar strahlende Energie in der Qualität des Sonnenlichtes für die Tiere im allgemeinen nicht jene lebenswichtige Rolle spielt, wie für die grünen Pflanzen, so ist doch eine gewisse Minimalmenge von Licht für manche Lebensprozesse unerläßlich. So soll sich Froschlaich im Finstern nicht normal entwickeln (Edwards 1824, vgl. jedoch Embryogenese) und jedenfalls ist die Ausbildung des Pigmentes bei Fischembryonen gehemmt (Loeb 1896).

Die Hydroïdpolypen Eudendrium erzeugen neue Hydranten nicht, wenn sie 13 Tage im Finstern gehalten werden, aber

schon $^1/_{20}$ Minute diffusem, hellem Tageslicht ausgesetzt, erhalten sie diese Fähigkeit wieder; dauernde Beeinflussung durch Finsternis konnte nicht erzielt werden. Bei Pennaria sind viel längere Expositionszeiten, drei, vier Stunden bis zu zwei Tagen notwendig, um die im Finstern sogleich abfallenden Hydranten wieder zu erzeugen (Goldfarb 1906).

Schädigende Wirkungen des Sonnenlichtes sind entweder auf die starke Erwärmung oder auf stärkere Exzitation des Nervensystems (vgl. Neuberg 1913) oder endlich auf eine sensibilisierende Wirkung besonderer Art zurückzuführen.

Werden nämlich manche fluoreszierende Stoffe in sehr geringen Konzentrationen auf Infusorien zur Einwirkung gebracht, so erweisen sie sich erst dann als schädlich, wenn die Kulturen ins Sonnenlicht gestellt werden. So vermögen Paramaecien in einer 0·005% Lösung von salzsaurem Acridin im Dunkeln 100 Stunden und mehr zu leben, während sie im zerstreuten Tageslicht darin bloß eine Stunde, im direkten Sonnenlichte bloß sechs Minuten zu leben vermögen (Raab 1900). Dieselbe Infusorienart lebte in 0·0002% Methylphosphin im Dunklen vier Tage, im zerstreuten Tageslichte bloß 30 bis 120 Minuten, in 0·01%igem schwefelsaurem Chinin im Dunkeln 70, im Lichte 15 Minuten; in 0·0025% Eosin im Dunkeln mehrere Tage, im Lichte bloß 80 bis 90 Minuten (Tappeiner 1900).

Auf ähnliche Weise scheint sich die Schädlichkeit einiger Futtermittel für weiße Tiere zu erklären. Während an dunkelgefärbte Säugetiere Buchweizen, Mais und Reis ohne Schaden fortgesetzt verfüttert werden können, gehen weiße Exemplare derselben Arten daran zugrunde, insofern sie dem Lichte ausgesetzt sind.

Wurden weiße Mäuse, hellfarbige Meerschweinchen und Kaninchen mit Buchweizen gefüttert und zum Teile im Finstern, zum Teile im Lichte gehalten, so starben die letzteren, während die ersteren und alle dunklen bei gleicher Fütterung gesund blieben (Ohmke 1909). Weiße Mäuse gingen auch nach Mais- oder Reisfütterung im direkten Sonnenlichte nach einer bis drei Wochen ein, während die gleiche Fütterung im Lichte oder bei dunklen Mäusen keine nachteiligen Folgen hatte (Raubitschek 1910; wichtig für die Ätiologie der Pellagra und Beri-beri-Krankheit?).

Bisher liegen hingegen keine Versuche über den etwaigen Zusammenhang der Belichtung mit der geringeren Widerstands-

fähigkeit weißer Ratten gegen den Milzbrand vor. Bei gleicher indifferenter Fütterung starben von je 100 Exemplaren weißer Farbe 86, schwarzweißer 77, grauer und grauweißer 64, schwarzer bloß 21 nach Einimpfung von Milzbrand (Müller 1893).

Einen viel stärkeren, direkteren, und zwar wahrscheinlich in chemischer Reduktion bestehenden Einfluß üben die ultravioletten* Strahlen aus. Eine Bestrahlung mit dem einer Magnesiumlampe entnommenen Lichte von 280 $\mu\mu$ Wellenlänge tötet in wenigen Sekunden Paramaecium, Colpidium, Stentor; Hydra viridis ist etwas widerstandsfähiger als H. grisea, zerfließt aber doch nach 10 Minuten; das Rädertier Philodina stirbt nach 30 Sekunden, die Nematode Rhabditis in zwei bis drei, der Wurm Chaetogaster nach einer Minute, schwimmende Lymnaea-Embryonen halten wenige Minuten aus (Hertel 1904). Eier von Ascaris megalocephala werden durch sechs und acht Stunden dauernde Bestrahlung mit einer Uviol-Tauchlampe 110 Volt, 60 *cm* Röhrenlänge, meist nicht sogleich getötet, aber an der Weiterentwicklung gehindert. Die Entwicklung kann nach Aufhören der Bestrahlung wieder aufgenommen werden (Stevens 1909).

Eier von Echinus microtuberculatus starben nach sieben Sekunden ab. Bei der verwendeten hohen Intensität (in der Primärspule 2·5 Ampère, Induktorium von 20 *cm* Schlagweite, zwei Leydener Flaschen im Secundärstrom, Funkenlänge der Mg-Elektroden 13 *mm*) wirkten auch blaue Strahlen der Wellenlänge 440, grüne 523, gelbe 558 verzögernd auf die Entwicklung der Eier ein, während das prismatisch zerlegte Tageslicht noch unwirksam war (Hertel 1905).

Ähnlich der Einwirkung ultravioletter Strahlen ist jene der Röntgen- und Radiumstrahlen. Bei einer Funkenlänge von 10 bis 12 *cm* und einer mit drei Elektroden versehenen Röntgenröhre in 20 *cm* Entfernung vom Behälter, in dem Urtiere lebten, starben die leichtflüssigen Amoeba princeps von 14 Stunden an, A. lucida nach 12, Pelomyxa palustris nach 6 bis 12, Gromia oviformis später als 14, Actinosphaerium Eichhornii, Chilomonas paramaecium, Cryptomonas ovata, Euglena acus nach 14, Oxyrrhis marina, Spirostomum ambiguum nach sechs Stunden ab,

---

* Anm. Der besondere Einfluß verschiedener Farben des uns sichtbaren Spektrums soll nicht in diesem, sondern erst im 5. Bande (Funktion) im Zusammenhang mit der Farbenempfindung und Farbanpassung besprochen werden.

während die zähflüssigen Labyrinthula macrocystis, Trichosphaerium Sieboldi, Hyalopus Dujardini, Acanthocystis furfacea, ferner die schalentragenden Arcella vulgaris, Difflugia pyriformis, Polystomella crispa, ferner die in ihren Wirtstieren exponierten Sporozoën Clepsidrina polymorpha im Mehlwurme, Coccidium Schneideri und Adelea ovata in Lithobius, Karyolysus lacertarum in Eidechsen ebenso wie diese Wirtstiere selbst unversehrt blieben (Schaudinn 1899; schädigende Wirkung vgl. auch Joseph und Prowazek 1902).

Auch gegen die Ausstrahlung von Radium, 50 *mg* in 4 *mm* Entfernung, zeigten sich parasitische Protozoën, nämlich Nyctotherus, Balantidium und Opalina noch nach 24 Stunden widerstandsfähig, ebenso die grüne Euglena und Hydra viridis, während Actinosphaerium und Hydra fusca in wenigen Stunden zugrunde gingen (Willcock 1904). Chlorophyllhaltige Paramaecium bursaria vermochten unter Radiumbestrahlung noch drei bis vier Tage zu leben und Zellteilungen auszuführen, während chlorophyll-lose P. caudatum in drei Stunden, Pelomyxa palustris in zehn Minuten bis vier Stunden, Amoeba limax in 24 Stunden, Actinosphaerium Eichhorni zum Teil nach 72, Spirostomum ambiguum nach 36 Stunden abstarben; Arcella vulgaris und Difflugia pyriformis starben erst nach drei Tagen.

Im allgemeinen sind also gegen Bestrahlung widerstandsfähig Parasiten, welche bloß auf geringen Sauerstoffbedarf angewiesen sind, und chlorophyllhaltige Tiere, welche von ihren synbiontischen Algen Sauerstoff nachbeziehen können; dies spricht alles für die reduzierende Wirkung der Bestrahlung. Ferner sind offenbar gegen das Eindringen der Strahlen die schalenbewohnenden Formen besser geschützt, ebenso zäheres Plasma. In letzterer Beziehung versteht sich vielleicht auch, daß das Infusor Lionotus drei bis fünf Tage die Radiumbestrahlung aushielt (Zuelzer 1905).

Schädigend wirken Röntgen- und Radiumstrahlen auch auf die Entwicklung der Metazoen, wie Versuche an Embryonen von Ascaris (Perthes 1904), Fischen (vgl. Embr. Kap. VIII, 6), Amphibien (Schaper 1904, vgl. auch Embryogenese Kap. IX, 7 *b*) und Hühnern (eb. Kap. IX, 7 *c*) lehrten; sehr gefürchtet wird ihre verätzende Wirkung auf die Hände der Experimentatoren.

Auf enzystierte Euglena wirken Radiumstrahlen insoferne belebend ein, als sie die Tiere aus ihrem Ruhezustand erwecken,

so daß dieselben zu schwärmen beginnen (Veneziani 1904, Willcock 1904).

8. Temperatur.

Verhältnismäßig enge sind den Lebewesen die Temperaturgrenzen gezogen, wenigstens jene, bei welchen noch eine Fortpflanzung möglich erscheint. Die obere Temperaturgrenze fällt mit den Koagulationstemperaturen derjenigen Eiweißkörper zusammen, welche zuerst bei Temperatursteigerung ausfallen. Es sind das die Muskeleiweißkörper, welche wieder nach der Tierklasse verschiedene Koagulationspunkte aufweisen (vgl. Phylogenese, Kap. I). Da die Amphibien und Fische bereits im Leben einen Muskeleiweißkörper mit Koagulation bei 35 bis 45° besitzen, so sind diese Gruppen am wenigsten imstande, höhere Grade auszuhalten; normalerweise haben alle Lebewesen im beweglichen Zustande bei 47 bis 50° koagulierende Muskeleiweiße und vertragen auch keine höheren Temperaturen. Anders verhält es sich mit ausgetrockneten Ruheformen, wie z. B. Rotiferen und Tardigraden, welche 98° aushalten sollen (Broca 1861), während dieselben Tiere feucht bei 45 bis 48° C. zugrunde gehen (Doyère 1842).

Da die Koagulationstemperaturen von Eiweißkörpern mit sinkendem Wassergehalt der Lösung bedeutend ansteigen, so steht die Widerstandsfähigkeit des trockenen Tieres in guter Übereinstimmung mit dem physikalisch-chemischen Geschehen. Auch die Möglichkeit, die Widerstandsfähigkeit der Tiere um viele Grade hinaufzurücken, wenn allmählich höhere Temperaturgrade verwendet werden, dürfte sich aus der allmählichen Abnahme des Wassergehaltes und der hiemit steigenden Koagulationstemperatur erklären (vgl. Davenport und Castle 1896).

Doch bedarf die Behauptung Dallingers (1880), daß er Urtiere im Laufe mehrerer Jahre bis 70° C weitergezogen habe, wohl sehr der Bestätigung.

Die Minimaltemperaturen, welche von verschiedenen Tieren ausgehalten werden können, sind viel verschiedener als die maximalen. Zunächst vermögen die nicht homoiothermen Tiere niedere Temperaturen selbst dann auszuhalten, wenn sie tatsächlich bis in das Innere des Tieres selbst vordringen, während dies bei den homoiothermen nicht möglich ist; sinkt die Temperatur im Körperinnern der Warmblüter etwa während des Winterschlafes

unter Null, so sistieren Atmung und Herzschlag völlig und können nicht wieder erweckt werden. Meist sterben die wachenden Tiere schon viel früher an Entkräftung, welche die Anstrengung zur Erhaltung der Körperwärme mit sich bringt (Lefèvre 1911).

Hingegen werden die Kaltblüter erst dann getötet, wenn ein Erstarren ihrer Körpersäfte stattfindet. Dieses Erstarren erfolgt aber keineswegs immer bei 0°, sondern es kann z. B. bei Insekten eine sehr weitgehende Unterkühlung stattfinden. Solange die Säfte flüssig bleiben, vernichtet die niedrige Temperatur nicht das Leben, sondern ruft bloß vorübergehende Bewegungslosigkeit hervor. Kommt es endlich bei weiterer Abkühlung zum „kritischen Punkt", jener Temperatur, bei der die Säfte auf keinen Fall mehr flüssig erhalten werden können, so wird mit der Erstarrung eines kleinen Teiles der Säfte wieder Wärme frei (die früher für die Verflüssigung aufgewendet worden war) und das Insekt vermag nun seine Innentemperatur bis auf den normalen Erstarrungsgrad seiner Säfte zu erhöhen, so daß es abermals zu einer Verzögerung des allgemeinen Erstarrens kommt. Bei noch weiterer Abkühlung tritt aber endlich mit der vollkommenen Erstarrung der Tod ein. Ein Schmetterling, Saturnia pyri, stirbt z. B., wenn er nach Überstehung des Temperatursprunges wieder auf — 15·6° C abgekühlt wird (Bachmetjew 1901).

Bei den winterschlafenden Säugetieren fällt die Körpertemperatur mit Annäherung der Außentemperatur an 0° auf + 1, um dann bei weiterer Abkühlung einen plötzlichen Anstieg auf die normale Innentemperatur zu erfahren, erst bei — 5 bis — 10° einen abermaligen Abfall zu erleiden und endlich unter — 15° bei anhaltender Kälte den Tod des Tieres herbeizuführen (Lefèvre 1911, S. 611). Übrigens können durch kalte Bäder nicht winterschlafende Säugerarten, sobald ihre Haut auf 27 bis 18° abgekühlt ist, den weiteren Abfall der nunmehr auf 32 bis 25° gesunkenen Innentemperatur längere Zeit aufschieben (das. S. 542).

Ob in diesen Fällen und auch bei den noch poikilothermen Entwicklungsstadien der Warmblüter eine starke Unterkühlung Ursache für das Aushalten sehr tiefer Temperaturen ist, kann ich nicht beurteilen; so sollen Hühnereier erst bei — 26° C ihre Entwicklungsfähigkeit verlieren, wie Hunter 1792 in den Philosophical Transactions schrieb.

Ruhezustände einzelliger Tiere dürften ebenso wie jene einzelliger Pflanzen, namentlich auch der Spaltpilze, außerordentlich

niedrige Temperaturen vertragen, doch fand ich hierüber keine Literaturangaben.

Die folgenden Temperaturgrenzen, Maxima +, Minima — ° C, finden sich noch durch Versuche belegt:

Protozoa: Ciliaten — 11, falls Wasser nicht friert, sonst 0 (Spallanzani 1776, Ehrenberg 1838); Paramaecium + 42 bis + 46 (Mendelssohn 1895, Ehrenberg 1838); Chilodon + 50, Euplotes + 48 bis + 52, Stylonichia, Vorticella + 52 (Rossbach 1872); Stentor + 44 bis + 50 (Davenport u. Castle 1896); Carchesium + 45 (Schürmayer 1890); Vorticellidae bis + 42, Actinophrys + 42, Miliolidae + 43 (Schultze 1863); parasitäre Vorticellen + 40 (Lindner 1896); Aethalium + 40, Amoeba + 40 bis 45 (Kühne 1864).

Coelenterata: Actinia + 38 (Frenzel 1885); Actinidiae + 40·9 bis 43·5, Medusen + 36·4 bis + 39·4, Cestus Veneris + 34 (Vernon 1899 *death*); Beroë ovata + 40 (Varigny 1887 *Beroë*).

Echinodermata: Seeigel, von Ei bis Pluteus + 28·5 ansteigend bis 40·5, Imago + 38·8 bis 40·7 (Varigny 1899 *death*); Antedon + 30, Holothuria + 40 (Frenzel 1885).

Vermes: Dendrocoelum lacteum 0 bis — 1 (Roedel 1886); Turbellaria, Naïdidae, Anguillulidae + 44·5 (Schultze 1863, Angu. auch Spallanzani 1787); Diopatra + 40, Terebella + 30 (Frenzel 1885); Lumbricus + 50 (Vernon 1899 *rigor*); Blutegel + 44 (Spallanzani 1787); Egel — 6 durch einige Minuten (Doenhoff 1872); Aulastomum gulo — 2 durch 12 bis 15 Stunden, Clepsine complanata — 5 durch 90 Minuten (Roedel 1886).

Arthropoda: Cyclops spirillum — 6 durch 120 Minuten (Roedel 1886); C. quadricornis 0 durch 1 Minute, + 36, Cypris fusca + 36, Daphnia sima + 33·5 (Plateau 1872); D. pulex 0 (Plateau 1872, Roedel 1886); Gammarus pulex 0 (Roedel 1886); G. Roeselii + 36, Asellus aquaticus + 43·5 (Plateau 1872), 0 (Plateau 1872, Roedel 1886); Astacus fluviatilis — 11·5 durch 24 Stunden (Pouchet 1866); Palaemon + 26, Scyllaris + 30 (Frenzel 1885); Pagurus Prideauxii, Pisa gibbosa + 36, Dromia vulgaris, Carcinus, Grapsus + 38, Portunus puber + 34 (Varigny 1887 *Crustaceen*).

Spinne — 2 bis — 3 durch 480 Minuten (Doenhoff 1872); Tegenaria domestica — 6 durch 60 Minuten, Phalangium

opilio — 9 durch 60 Minuten, Argyroneta aquatica — 4 durch 180 Minuten (Roedel 1886), + 38·5, Hydrachna cruenta + 46·2 (Plateau 1872), — 4 durch 30 Minuten (Roedel 1886).

Podurus riparius — 4 durch 45 Minuten (Roedel 1886); Poduridae + 36 (Nicolet 1842); Periplaneta orientalis + 41 (Graber 1887, + 38·7 Bütschli 1874); Cloë diptera, Larve, Notonecta glauca, Nepa cinerea + 44 bis + 45 (Plateau 1872); Schildläuse + 54 bis + 55 (Reh 1900); Zirpkäfer Lema — 6 durch 30 Minuten, Rüsselkäfer Phytonomus — 12 durch 90 Minuten (Roedel 1886); Melolontha — 18 durch 120 Minuten, Engerling — 15 durch 180 Minuten, Cetonia, Hydrophilus — 17 durch 120 Minuten (Pouchet 1866); H. caraboïdes, Hydroporus dorsalis + 42, Hydaticus transversalis + 39, Agabus bipustulatus + 38 (Plateau 1872); Dytiscus — 4 durch 60 Minuten (Kochs 1890); D. mariginalis + 40 (Gadeau 1897); Formica rufa — 1·5 durch 180 Minuten, Apis mellifica — 1·5 durch 210 Minuten (Roedel 1886), — 6 bis — 10 einige Minuten (Doenhoff 1872), — 4 durch 8 Stunden, + 38 (Doenhoff 1857); Seidenwurm, Bombyx mori und andere Schmetterlingsraupen + 42·5 (Spallanzani 1787); Vanessa Jo-Raupe — 17 durch 120 Mininuten (Pouchet 1866); V. cardui-Raupe — 15 durch 600 Minuten, Smerinthus populi — 10 durch 150 Minuten; Ocneria dispar — 4 durch 30 Minuten (Roedel 1886); ferner Kälteversuche an einer großen Anzahl verschiedener Lepidopteren u. a. in verschiedenen Zuständen (Bachmetjew 1901, 1907); Deilephila elpenor + 53 (Bachmetjew 1901); Culex pipiens, Larve — 4 durch 60 Minuten (Roedel 1886), + 43·7; Musca vomitoria Larve + 42·5, Puppe + 43·7, Imago + 37·5 (Spallanzani 1787); Musca — 6 bis — 10 durch 180 Minuten (Doenhoff 1872); M. domestica — 5 durch 20 Minuten (Roedel 1886).

Mollusca: Anodonta, Helix + 50·5 (Vernon 1899 *death*); Limax — 17, Helix hortensis, H. aspersa, H. pomatia — 14 bis — 18 durch 180 Monate (Pouchet 1866); H. pomatia — 120 bis — 110 (Pictet 1893), — 10 durch 600 Minuten, H. hispida — 8 durch 30 Stunden, Pulmonatenembryonen 0 bis — 1, Planorbis — 7 durch 300 Minuten (Roedel 1886); Planorbis, Lymnaea + 50·5 (Vernon 1899 *death*), — 7 durch 180 Minuten (Roedel 1886); Pleurobranchea, Aplysia + 33, Eledone + 35 (Frenzel 1885); junge Sepia + 41 (Bert 1867); Octopus + 36 (Vernon 1889 *death*).

Tunicata: Salpen + 37·7 (Vernon 1889 *death*).

Vertebrata: Cyprinus, Tinca — 15 bis — 8 (Pictet 1893); Hippocampus + 30 (Frenzel 1885); Knochenfische + 33 (Bert 1876); Süßwasserfische + 40, Frosch + 40 bis + 42 (Edwards 1824); Salamander + 44, Rana + 43·8 (Spallanzani 1787); R. esculenta — 4 bis — 10 durch 180 Minuten (Pouchet 1866); Amphibia, Reptilia — 25 (Pictet 1893), Reptilia, nämlich Varanus und Uromastix, vertragen noch + 50, da sie durch gesteigerte Atmung die Körpertemperatur auf + 45 herabzusetzen vermögen (Langlois 1902), Hühnerembryo 0° (Preyer 1885), Aves + 48 (Lefèvre 1911 S. 597), Hund, Kaninchen + 44 bis + 45 (Obernier 1866, Vallin 1873), in kalten Bädern von 5 bis 10° über Null sterben die homoiothermen Säuger, namentlich Kaninchen, wenn die Innentemperatur 20° erreicht hat, sicher, wenn die Innentemperatur 25° erreicht hat, falls diese Temperatur längere Zeit anhält (Lagriffe u. Maurel 1901, Lefèvre 1901, 1911).

„Die schädigende Einwirkung äußerer Faktoren auf die lebendige Substanz läßt sich großenteils auf die Veränderung des Chemismus, teilweise auf die Zerstörung der allmählich aus letzterem aufgebauten Struktur beziehen, die günstige Einwirkung auf das Optimum des betreffenden äußern Faktors für den Verlauf der strukturentwickelnden chemischen Prozesse.“

Kapitel VI.

Wachstum.

Wächst ein einzelliges Wesen aus der Zweiteilung einer Zelle heran, so erreicht es endlich wieder jene Größe, welche das Muttertier vor seiner Teilung besessen hatte. Nunmehr tritt wieder eine Teilung ein und der Prozeß kann sich ohne Dazwischentreten einer geschlechtlichen Generation außerordentlich oft wiederholen.

Obzwar man schätzungsweise schon lange die Verdoppelung der Größe des einzelligen Tieres von Teilung zu Teilung an-

genommen hatte, so liegen doch erst aus neuerer Zeit genaue Messungen vor. Durch seine regelmäßig ellipsoidische Gestalt zeigte sich Frontonia leucas (auf Veranlassung von R. Hertwig 1908 untersucht von M. Popoff 1908) geeignet für die Bestimmung des Volumens aus drei Diametern. Da außer dem Produkte aus den drei Diametern, Länge, Höhe und Breite, bei der Berechnung des Ellipsoides bloß ein und derselbe Faktor einzusetzen ist, kann die tatsächliche Ausrechnung des Volumens unterbleiben, sobald es sich nicht um absolute Größen, sondern um das Verhältnis solcher handelt. Das Produkt aus den drei Diametern liefert in der Tat mit genügender Genauigkeit die Verdoppelung von einer Teilung bis zum Beginn der nächsten, und zwar sowohl für Plasma als auch für Kern [III, 1].

Im Gegensatze zu Frontonia verändert das langgestreckte Paramaecium beim Heranwachsen aus den Teilstücken seine Breite nur unbedeutend, und da auch die Dicke keine besondere Veränderung erfährt, so erscheint die Länge allein als Ausdruck der Volumenverdoppelung bis zur nächsten Teilung verdoppelt (Jennings 1908) [III, 2].

Eine eigentümliche Art des Wachstums zeigen die ebenfalls einzelligen Foraminiferen, welche an ihr Gehäuse allmählich Kammern ähnlicher Form, aber steigender Größe anbauen. Messungen der für jede Kammer maßgebenden Längendurchmesser führten zur Aufstellung des Satzes, daß die Quotienten aus den Längen oder Breiten zweier aufeinanderfolgender Kammern bei ein und derselben Art konstant seien (Van Iterson 1907 [III, 3], Rhumbler 1909—1911 [III, 4]). Zieht man aus einer großen Anzahl von Fällen und aus den (an den Figuren von Schlumberger 1891 gewonnenen) Dickenmessungen aufeinanderfolgender Kammern einen allgemeinen Durchschnitt, so zeigt es sich, das der Koeffizient der Kammerprogression um 1·26 schwankt. Da dies gleich der dritten Wurzel aus 2 ist, so geht daraus hervor, daß von dem Baue einer Kammer zur nächsten das Volumen auf das Doppelte angestiegen sein muß, wenn anders die (von den angeführten Autoren gemachte) Annahme richtig ist, daß sich am Baue jeder Kammer die ganze vorhandene Plasmamasse beteiligt (Przibram 1912–1913).

Wahrscheinlich ist die Verdoppelung des Volumens von Kammer zu Kammer stets von einer Fragmentierung des Kernes begleitet, von der auch die Beobachter berichten. Es scheint, daß

ceteris paribus überhaupt jeder Kern bloß eine bestimmte Menge Zytoplasma beherrschen kann und da beim Wachstum der Zelle die Oberfläche des Kernes bloß in der zweiten Potenz zunehmen wird, während das Volumen des Zytoplasmas in der dritten zunimmt, so werden die Stoffverkehrsverhältnisse für den Kern immer ungünstiger (Kernplasmaspannung — R. Hertwig 1903, 1908), bis durch die Teilung die normale „Kernplasmarelation“ (R. Hertwig) wieder hergestellt wird.

Der Versuch, diese relativ einfachen Anschauungen auf das sich furchende Ei und die übrige Embryonalentwicklung zu übertragen (Seeigel — Rh. Erdmann 1908, Mollusca: Crepidula, Fulgur; Tunicata: Styela — E. G. Conklin 1912; Rana temporaria, R. esculenta — Chambers 1908), war insofern weniger glücklich, als es sich hierbei nicht um Wachstum als Vergrößerung, sondern um Differenzierung handelt, wobei die Zellen kleiner bleiben. Analoges gilt für die Spermato-auxoziten, wo eine Abnahme der Größe des Kernes im Verhältnis zum Plasma sich ergab (Geotriton, Salamandrina — Levi u. Terni 1911). Eine Änderung der chemischen Bestandteile gestattet es nicht mehr, aus den Größenverhältnissen Schlüsse zu ziehen, wie lange der betreffende Kern seinem Rayon gewachsen sein wird. Hingegen zeigte es sich beim Vergleiche homologer Blastomeren gleicher Stadien bei verschiedenen Exemplaren einer und derselben Spezies, daß das Größenverhältnis zwischen Kern und Zytoplasma das gleiche war. Wollen wir die mehrzelligen Tiere zum Studium des Wachstums heranziehen, so müssen wir zunächst scharf zwischen der Differenzierung bei der ersten Entwicklung und zwischen dem eigentlichen Wachstume unterscheiden, das in der Vergrößerung der einmal gebildeten Organe beruht. Von den einzelligen Wesen unterscheiden sich die vielzelligen zunächst durch das Aneinanderbleiben der durch Teilung vermehrten Zellen. Diese wachsen aber in den Stadien nicht sofort wieder auf das Maß der Eizelle heran. Erst nachdem die Embryonalentwicklung abgelaufen ist, kommt es zur Wiederausbildung der charakteristischen Größe jeder einzelnen Zellart, wie sie auch beim Muttertiere vorhanden war.

Ein instruktives Beispiel liefern die niederen Kruster, welche auch oft parthenogenetisch sich fortpflanzen, so daß wir auf die eventuelle Rolle eines Vatertieres nicht einzugehen brauchen.

Die Länge von Daphnia magna nimmt von Häutung zu Häutung durchschnittlich um 1·28, also wieder fast genau in der

dritten Wurzel aus 2 zu. Dabei steigt die Größe der Zellen, welche hier an der rhombenförmigen, den darunterliegenden Zellen entsprechenden Abteilungen der Kutikula gut gemessen werden kann, zwar von dem Ausschlüpfen des Embryo an, erreicht aber bald, zwischen 2. und 3. Häutung, einen Wert, von dem sie bei jeder Häutung wieder herabsinkt und den sie auch zwischen zwei Häutungen nur wenig übersteigt (Warren 1902—1903) [IV, 1].

Die Größenzunahme des ganzen Tieres erfolgt also weniger durch eine Größenzunahme der einzelnen Zellen — diese spielt bloß bei der Wiederherstellung der für die entwickelte Zelle geltenden fixen Größe eine Rolle — als durch die fortgesetzte Vermehrung der Zellen.

Die Längenzunahme der höheren, dekapoden Krebse von Häutung zu Häutung weist ebenfalls Zahlen auf, die von der dritten Wurzel aus 2 nicht weit abliegen, insolange Stadien verglichen werden, die sich nicht durch besondere Differenzierung voneinander unterscheiden: aufgezogene Larven des III. bis V. Zoëastadiums von Portunus holsatus berechnen sich mit 1·27 (nach Williamsons 1911 Versuchen), des II. bis IV. Stadiums von Carcinus maenas mit 1·23 (Williamson 1903), metamorphosierte Tiere derselben Spezies mit 1·25 (Brook 1884, Meek 1903, Williamson 1903), der Art Cancer pagurus mit 1·24 (Williamson 1904; beide Daten von verwandelten Tieren namentlich auch nach Versuchen von Waddington) [IV, 3].

Wenn während der Heranbildung der definitiven Form das Verhältnis von Länge zu Breite sich ändert, so werden wir voraussehen können, daß die Breitenzunahme höher als 1·26, die Längenzunahme geringer als 1·26 wird sein müssen, falls bei sonst ungeänderter Differenzierung eine höhere Form in eine breitere unter Beibehaltung der Volumsverdoppelung von Häutung zu Häutung zustande kommen soll; tatsächlich finden wir dies in den untersuchten Fällen bestätigt: die Umwandlung der mit hohem Karapax ausgestatteten auf das Megalopsstadium folgenden Krabbenform von Carcinus maenas weist bis zum 4. metamorphosierten Stadium, auf dem die verhältnismäßig breitere definitive Karapaxform hergestellt ist, die Breitenvergrößerung von durchschnittlich 1·31 gegen eine Längenvergrößerung von 1·20 auf (nach Williamsons 1903 Daten) [IV, 3 *B*].

Den Einfluß der Differenzierung auf die Längenzunahme zeigt sehr deutlich Eupagurus longicarpus und annulipes, deren

erste Zoëastadien im Durchschnitt um 1·27 zunehmen, während das Metazoëastadium, auf welchem unter anderem sich die bedeutende Vergrößerung der rechten Schere auszubilden beginnt, im ganzen kaum eine Längenzunahme erfährt (1·07? nach Daten von Thompson 1903).

Während die Gesamtlänge bei einem H. americanus um 1·13 zugenommen hatte, wies die Vergrößerung des Propodus der großen Schere 1·37, der kleinen 1·22 auf (Herrick 1895, S. 99), ein deutlicher Hinweis auf den Zusammenhang zwischen der „Heterochelie" und dem Gesamtwachstum.

Während für die ersten 4 Stadien des europäischen Hummers, Homarus europaeus [IV, 2], sich die Gesamtlängenzunahme mit 1·27 berechnet (Ehrenbaum 1903 *Hummer*), sinkt sie von da ab, wo die große Schere sich auszubilden beginnt, auf 1·12 (Ehrenbaum 1903 *Untersuchungen*); die entsprechenden Zahlen für H. americanus sind durchschnittlich 1·17 und 1·15 (Henick 1895) bis 1·11 herab (Hadley 1906). [Ob die bei großen Hummern zweimal gefundene Längenzunahme von 1·35 (Brook 1887) auch mit Scherenverhältnissen zusammenhängt, läßt sich bloß vermuten.]

Wir haben bisher von dem Wachstum als Raumvergrößerung gesprochen. Die Kleinheit der niedersten Tiere und die durch das Wasserleben komplizierten Verhältnisse der Kruster machen es schwierig, die Zunahme des Gewichtes von Teilung zu Teilung respektive von Häutung zu Häutung festzustellen. Ein sehr geeignetes Objekt fand sich hingegen zu diesem Zwecke in den Gottesanbeterinnen oder Mantiden, welche zu den Insekten mit unvollkommener Verwandlung gehören. Bei jeder Häutung nimmt z. B. Gongylus gongyloides um etwa ein Viertel seiner Länge (also 1·25) zu, ohne sein Aussehen stärker zu verändern (Williams 1904).

Die Mantiden bieten unter anderem den Vorteil, daß die in einem Stücke bei jeder Häutung abgestreifte Haut ausgestreckt bleibt, so daß außer dem Gewichte derselben auch die Länge einer bestimmten Strecke leicht gemessen werden kann. Die Untersuchung von 38 Sphodromantis bioculata hat gezeigt, daß diese Tiere von Häutung zu Häutung in der Regel ihr Gewicht verdoppeln (Zunahme 2·09) [V, 1], während die Längenzunahme des Halsschildes 1·29, also fast genau in der dritten Wurzel zugenommen hatte.

Auch die abgeworfenen Häute sind bei jeder folgenden Häutung doppelt so schwer als bei der vorangehenden, und ihre Längenzunahme entspricht der Kubikwurzel aus 2 [V, 1 *A*] (Przibram u. Megušar 1912).

Die Gewichtsverdoppelung von Häutung zu Häutung und die ihrer Kubikwurzel proportionalen Längenzunahme läßt sich sehr gut mit unseren bisherigen Annahmen der fixen Zellgröße und der Teilung der Zellen, sobald sie eine bestimmte Größe erreicht haben, vereinigen, sobald wir annehmen, daß eine Häutung dann eintritt, wenn jede Zelle des ganzen Körpers wieder auf ihr Maximalmaß herangewachsen ist und sich einmal geteilt hat. Die gleichzeitige Teilung aller vorhandenen Zellen ist z. B. bei den Furchungsteilungen die Regel und die Gleichzeitigkeit kann einem Einfluß des Gesamtorganismus zugeschrieben werden, da bei Abtrennung von Blastomeren die Synchronie gestört wird (Strongylocentrotus — Sorokina 1912). Der periodische Wechsel im physiologischen Gesamtzustande, welcher mit der Absolvierung je eines solchen gleichzeitigen Teilungsschrittes verknüpft ist, spricht sich auch in der mit jeder Furche wechselnden Empfindlichkeit gegen verschiedene äußere Faktoren aus (Lyon 1902, 1904). Ebenso wie es bei Furchungsteilungen manchmal zum Unterbleiben einer schon angelegten Teilung, später aber zum gleichzeitigen Zerfall in vier Teile kommt (Lit. vgl. Exp. Zool. 1, Embryogenese VI), so finden wir auch manchmal Vervierfachung des Gewichtes an Stelle von Verdoppelung, die aber dann meist von einem Stillstande bei der nächsten Häutung begleitet ist (Przibram u. Megušar 1912).

Wie wir aus anderen Gründen vermuten, ist die Häutungsanzahl bei den Insekten mit vollkommener Verwandlung stark abgekürzt worden und es scheint, daß hier normalerweise mehr als ein Teilungsschritt von einer Häutung zur andern vollzogen wird. Die Gewichtszunahmen des Seidenspinners, Bombyx mori, steigen von Häutung zu Häutung in Potenzen von 2, und zwar vom Ausschlüpfen bis zur nächsten Häutung etwa in der vierten, dritten, zweiten, zweiten und ersten Potenz, so daß im ganzen 4, 3, 2, 2 und 1 Teilungsschritte gemacht worden sein dürften (nach den Daten von Luciani u. Lo Monaco 1897) [V, 2], was der gleichen Anzahl Häutungen bei den Gottesanbeterinnen entspräche.

Während die Gliederfüßler, solange sie überhaupt an Größe zunehmen, sich häuten und bei jeder Häutung alle festen, toten

Bestandteile abwerfen und wahrscheinlich auch den ganzen Plasmainhalt erneuern (vgl. Exp. Zool. 2. Regeneration V, § 1), ist dies bei anderen Tiergruppen nicht der Fall, sondern es häufen sich die einmal gebildeten Stützsubstanzen („Ballast" — Friedenthal 1910) im Körper an, so daß die Verdoppelung des Gewichtes keineswegs der Verdoppelung aller Zellen entsprechen kann. Daß jedoch auch hier vornehmlich die Anzahl, nicht die Größe der Zellen zunimmt, dafür sprechen die Feststellungen fixer Zellgröße für Exemplare einer und derselben Art, aber verschiedenen Alters oder verschiedener Größe. So ist die Länge der Blutkörperchen von Rana temporaria und verwandter Arten das Wachstum hindurch annähernd konstant (Pearson 1908–1909 nach Warrens Messungen), die Linsenfasern großer und kleiner Hunde kaum der Größe nach verschieden (Rabl 1899), die Zellen der Zungenschleimhaut eines Riesen nicht größer als jene normal großer Menschen (Boveri 1904). Selbst beim Vergleiche verschiedenen Arten von Säugetieren angehöriger Exemplare verschiedener Größe zeigen alle teilungsfähigen Zellen, Epithel usw. annähernd gleiche Größe, während die nicht teilungsfähigen, namentlich die Ganglienzellen, von der Größe des Tieres sich abhängig zeigen, nämlich mit derselben wachsen (Levi 1905, 1906). Froscheier von anfänglich verschiedener Größe erzeugten jedoch Frösche, deren Zellen im gleichen Größenverhältnis voneinander abwichen (Chambers 1908).

Außer der Anhäufung von totem Ballast gibt es noch in anderer Beziehung wesentliche Verschiedenheiten im Wachstum der verschiedenen Tiergruppen; manche Formen schließen ihre Größenzunahme mit der Erreichung einer bestimmten, durch Ausbildung der Geschlechtscharaktere ausgezeichneten Entwicklungsstufe ab; sobald diese Tiere, z. B. die Insekten, die Metamorphose vollendet haben, ist die für die Art gegebene Größe erreicht; arterwachsene (idiometrische) Exemplare sind auch zugleich enderwachsen (teleometrisch).

Andere Formen wieder wachsen noch über die gewöhnlich von der Art erreichte Größe hinaus, sobald sie ein höheres Alter erreichen, z. B. die Krebse, ferner viele Weichtiere, Fische, Amphibien und Reptilien.

Wieder bei anderen Formen hört zwar das allgemeine Wachstum kurz nach der Geschlechtsreife ganz oder fast ganz auf, aber einzelne Organe, wie namentlich die der Hautbekleidung

angehörigen Zellen, Haare, Federn usf., setzen ihre Teilung und ihr Wachstum fort, wie es bei den Säugetieren und Vögeln der Fall ist. Hier ist es mehr als fraglich, ob irgend eine synchrone Teilung aller Zellen zu bestimmten Zeiten stattfindet, ob also die Verdoppelung des Gewichtes, auch abgesehen vom Ballaste, irgend eine besondere Rolle spielt. Hier haben wir für den Ablauf der Wachstumsprozesse bloß die Zeit als Anhaltspunkt für die Bestimmung des Verlaufes.

Man könnte vielleicht glauben, daß gleichen Zeiten ein gleicher Wachstumszuwachs entspräche; das kann aber schon bei den sich häutenden Tieren deshalb nicht der Fall sein, weil die Häutungen unter sonst gleichen Bedingungen nicht in gleichen Zwischenräumen vor sich gehen, bei der Verdoppelung des Gewichtes von Häutung zu Häutung daher keine gleichförmige Zunahme von Zeiteinheit zu Zeiteinheit stattfinden kann.

Daten für den zeitlichen Verlauf des Wachstums liegen für eine ganze Reihe von Tieren vor, die zunächst in systematischer Ordnung angeführt sein mögen:

Protozoën: Frontonia leucas (R. Hertwig 1908, Popoff 1908) [III, 1]; Paramaecium (Jennings 1908) [III, 2];

Stachelhäuter, und zwar Längenzunahme der Larven von Echinus microtuberculatus (Schmidt 1904 [VI, 1 *A*—*E*]), und der Pluteen von Strongylocentrotus lividus (Vernon 1895) [VI, *F*], Längen- und Volumzunahmen der Holothuria floridana (Edwards 1889, 1908–1909) [VI, 2];

Krustentiere: Körperlänge der Hummer, Homarus europaeus (Ehrenbaum 1903) [IV, 2], H. americanus (Hadley 1906, Herrick 1895); Flußkrebs, Astacus fluviatilis (Chantran 1872); Einsiedlerkrebse, Eupagurus longicarpus und annulipes (Thompson 1903); Krabben, Carcinus maenas (Meek 1903, Williamson 1903) [IV, 3]; Cancer pagurus (Williamson 1904), Portunus holsatus (Williamson 1911).

Insekten: Längen, Gottesanbeterinnen, Gongylus gongyloides (Williams 1904), Sphodromantis bioculata und Gewicht der letzteren sowie ihrer Häute (Przibram und Megušar 1912) [V, 1]; Gewicht des Seidenspinners, Bombyx mori (Luciani und Lo Monaco 1897 [V, 2....]; Kohlensäureabgabe seiner Eier (Luciani und Piutti

1888) und Raupen (Luciani und Lo Monaco 1895) [V, 2 *A*], Stickstoffvermehrung der letzteren (Luciani und Lo Monaco 1897) [V, 2.—.—.]; Trockensubstanzgehalt u. a. (Farkas 1903, Kellner 1884).

Weichtiere; Längenzunahme von Limnaeus stagnalis (Semper 1873) [VI, 3] und Loligo Pealei (Verrill 1882) [VI, 4].

Fische: Kohlensäureproduktion des Forellenei (Tangl und Farkas 1904) [VII, 1 *A*], Länge des Körpers, Kopfes, der Flossen, Augendurchmesser junger Forellen, Salmo fario Jenkinson) 1911–1912) [VII, 1 *B*], Länge des Lachses, Salmo vulgaris (Leonhardt 1905) [VII, 2]; Gewicht des Karpfens und Karpfenschädels, der postembryonalen Fettvermehrung von Cyprinus carpio (Reuss 1908) [VII, 3].

Amphibien: Gesamtgewicht, Trocken-, Asche- und Wassergehalt des Frosches (Davenport 1897), auch Länge der Kaulquappen von Rana fusca (Schaper 1902) [VII, 4].

Vögel: Gewicht, Länge und Breite des Hühnchens im Ei, Gallus domesticus (Falck 1857) [VIII, 1 *A*]; Kohlensäureausscheidung (Hasselbalch 1900, Bohr und Hasselbalch 1900) [VIII, 1 *B*]; Gewicht des Huhnes (Minot 1908) [VIII, 1]; Gewicht des Ziegenmelkers, Caprimulgus europaeus (Heinroth 1909) [VIII, 2].

Säugetiere: Gewicht des Foetus vom Kaninchen, Lepus cuniculus (Fehling 1877), des Kaninchens (Friedenthal 1909 *Wachstum* [IX, 2], Minot 1908), des Foetus vom Meerschweinchen, Cavia cobaja (Hensen 1868) [IX, 1 *A*], (Read 1912–1913), des postembryonalen Meerschweinchens (Hensen 1881, Minot 1891 [IX, 1], Ostwald 1908, Read 1912–1913), der Maus, Mus musculus (Ostwald 1908, Saint-Loup 1893) [IX, 4]; der Ratte Mus decumanus (Donaldson 1906 [IX, 3], auch Miller 1911), Hirngewicht der Ratte (Donaldson 1908, 1911), Körperlänge derselben (Donaldson 1909), Rumpflänge, Brustumfang, Beinlänge und Gewicht der Rinder, Bos taurus [X, 1] und des Pferdes (Cornevin 1892), Gewicht des Hausschweines, Sus scrofa [X, 2], des Nilpferdes, Hippopotamus amphibius, des Zwergesels, Equus asinus [X, 3], des deutschen Schäferhundes, Canis familiaris [X, 4] (Friedenthal 1911), des Krallenäffchens, Hapale

jacchus [X, 5] (Friedenthal 1910 *Gültigkeit*), des Schimpanse und Gorilla (Friedenthal 1909 *Wachstum*), des menschlichen Foetus (Fehling 1877) [X, 6 *A*], Länge desselben (Toldt, Hennig, Hecker, Kölliker, Ecker, Vierordt 1906), Gewicht des Menschen, Homo sapiens (Friedenthal 1909 *Volum*), Gewicht und Länge (Camerer 1893, Daffner 1902, Lange 1896, Mishima 1904, Quetelet 1879, Roberts 1878, Stratz 1908) [X, 6], Gehirngewicht, Kopfumfang (Daffner 1902).

Konstruieren wir aus den zugänglichen Daten Kurven, für welche genügend Punkte zur Bestimmung des Zunahmsverlaufes vorliegen, so erhalten wir S-förmige Figuren (Wo. Ostwald 1908), wobei die beiden Schenkel des S in der Regel gleich groß erscheinen, das heißt, das Stück steilsten Verlaufes in der halben Zeit des betreffenden Wachstumsvorganges liegt (Robertson 1908).

Vorgänge chemischer Natur, welche einer solchen Massenzunahme der gebildeten Produkte entsprechen, werden als autokatalytische bezeichnet; sie treten ein, wenn im Verlaufe des betreffenden Prozesses ein den Prozeß selbst beschleunigendes Produkt gebildet wird. Ein Beispiel ist die Autoxydation des Leinöles nach Genthe (1907).

Der an Geschwindigkeit wieder abnehmende Schenkel entspricht der Erschöpfung der zur Verfügung stehenden Stoffmenge.

Schon früher (Loeb 1907 *Prozeß*) war darauf hingewiesen worden, daß die Zunahme der Kernsubstanz bei den aufeinanderfolgenden Zellteilungen auf das Zwei-, Vier-, Achtfache usf. auf einen autokatalytischen Prozeß bei der Entwicklung hindeutet. Ob jedoch die Nukleoproteïde der Kernsubstanz wirklich als oxydatives Zentrum der Zelle angesprochen werden können (Spitzer 1897), was das Zugrundegehen entkernter Zellen erklären würde (Loeb 1899), erscheint noch fraglich, da eine Zunahme der Nukleinsäure von der Befruchtung bis zur Bildung der Morula von 500 bis 1000 Zellen nicht konstatiert werden konnte (Arbacia pustulosa — Masing* 1910, A. punctulata — Shackell* 1911); auch ist die Oxydationsgeschwindigkeit bei

* Robertson 1913 bezweifelt zwar die Richtigkeit der Methode genannter Autoren nach eigenen Versuchen, scheint aber eine Bestätigung der starken Nukleïnsäurezunahme auch nicht mit Sicherheit erhalten zu haben.

1000 Zellen bloß dreimal so groß als am Anfang (Warburg 1912–1913). Freilich handelt es sich hier wieder nicht um eigentliche Wachstums-, sondern um Differenzierungsvorgänge mit Wechsel chemischer Prozesse.

Überhaupt wurde gegen die Auffassung der Wachstumskurve als Autokatalyse eingewendet, daß es sich hiebei ja nicht um einen einheitlichen chemischen Prozeß handelt (Friedenthal 1909 *Prüfung*).

So berechtigt dieser Einwand sein mochte, wenn man wahllos jede Größenzunahme heranzog, so ist doch gegenwärtig nicht bloß für eine Reihe allgemeiner Stoffwechselprozesse, wie z. B. die Kohlensäureabspaltung bei der Seidenraupe (Luciani und Lo Monaco 1897), dem Forellenembryo (Tangl und Farkas 1904) und dem Hühnerembryo (Hasselbalch 1900), sondern auch für eine ganz bestimmte formbildende Substanz, das Chitin, bei der Gottesanbeterin der Beweis für die S-förmige Kurve geliefert (Przibram und Megušar 1912).

Ganz in Übereinstimmung mit den bisher erörterten quantitativen Verhältnissen des Wachstums kann ein einheitlicher Verlauf der autokatalytischen Kurve nur dann erwartet werden, wenn nicht eine verschiedene Differenzierung einsetzt. Jede besondere Differenzierungsperiode bildet für sich eine S-förmige Kurve, so daß der ganze Verlauf des Wachstums von der eben befruchteteu Eizelle bis zum Tode des Tieres aus einer Reihe S-förmiger Kurven zusammengesetzt erscheint. Namentlich bezeichnen die Embryonalperiode, die Periode des Überganges zur Eigenernährung, die Metamorphose, die Reifeperiode, der Zahnwechsel solche Abschnitte.

Aber auch innerhalb eines jeden Wachstums des Kernes und Plasmas in einer Zelle läßt sich der S-förmige Verlauf des Wachstums in der Zeit auffinden, z. B. an der zitierten Einzelligen Frontonia leucas [III, 1].

Wir haben in der Einleitung erwähnt, daß beim Wachstum nicht bloß der Zunahme an plasmatischer Substanz und an anorganischen festen Stoffen, sondern auch jener an Wasser eine bedeutende Rolle zugeschrieben wird. In verschiedenen Differenzierungsperioden kann der Wassergehalt selbst ein sehr wechselnder sein, worauf wir gelegentlich der Besprechung des Energiewechsels im Organismus noch zurückkommen wollen. An dieser Stelle interessiert es uns zunächst, ob der Wassergehalt während

einer Periode mit Größenzunahme ohne Wechsel in der Differenzierung im Verhältnis zum Wachstum der plasmatischen Stoffe und der kohlenstofffreien Asche sich gleich bleibt oder wechselt. Untersuchungen an den 4 reinen Raupenperioden des Seidenspinners zeigen den Wassergehalt von 85, 85, 87 und 88% gegenüber dem Wassergehalt eben geschlüpfter Raupen von 76, der verpuppungsreifen von 79, der Puppen von 79 und der Falter von 75% und die kohlenstofffreie Asche von 10, 9, 9, 9% ebenfalls fast gleich, während die entsprechenden Prozente für die anderen Entwicklungsperioden 7, 5, 5, 5% betragen (abgerundet nach Kellner 1887).

Bei frisch gehäuteten Carcinus maenas beträgt ohne Rücksicht auf ihre Größe der Trockensubstanzgehalt 12 bis 13%, während derselbe bei Tieren, welche zwischen den Häutungsperioden stehen, im Mittel 33% erreicht; der Chitingehalt, welcher unmittelbar nach der Häutung sehr gering ist, erreicht nach 10 Tagen über 1% (v. Schönborn 1912). Findet Wachstum ohne Differenzierungswechsel und ohne Ballastanhäufung statt, so geht also die Wasserzunahme der Zunahme plasmatischer Substanz parallel, wobei allerdings der Wassergehalt dann scheinbar steigt, wenn gerade die apoplasmatischen Substanzen durch Abwurf beseitigt worden sind.

Bleibt bei anderen Tierarten der Ballast im Körper, so muß hierdurch eine Abnahme des Wasserzuwachses vorgetäuscht werden, wenn derselbe der plasmatischen Neubildung proportional erfolgt. So nimmt der Wassergehalt des Gehirnes vom 5. bis 105. Tag des Rattenlebens (♀) von 87·4 bis 78, jener des Rückenmarkes von 84·8 bis 70·8% ab, und der Wassergehalt des Gehirnes sinkt bis zum 305. Tage weiter auf 77·4, jener des Rückenmarkes auf 68·2 (Donaldson 1910 *Albino*, D. u. Hatai 1911).

Beim Hühnerei sinkt der Wassergehalt vom 3. Tage, wo er 90% beträgt, bis zum 11. Tage auf 59% (Pott 1879) und im Hühnerembryo, wo er am 7. Tage noch fast 93% ausmacht, am 14. Tage auf 87%, am 21. auf 80%, während die organische Substanz auf 6·2, 11·5, 17·3%, die kohlenstofffreie Asche auf 0·98, 1·21, 2·32% ansteigt (Liebermann 1888). Froscheier ergaben 56% Wasser, dagegen die Kaulquappen 93% auf 90% fallend, die verwandelten Frösche 77% (Baudrimont und Saint-Ange 1847, 1851; ferner Białaszewicz 1908).

Wachstumskurven werden durch die Einwirkung äußerer Faktoren Veränderungen erleiden können, welche namentlich bei mangelhafter Ernährung oder bei abweichender Temperatur zustandekommen. Jedoch zehren namentlich die höheren Tiere bei Hunger ihre Reservesubstanzen auf, ohne das Längenwachstum zu sistieren, solange dies irgend angeht (Hunde — H. Aron 1911). Ist die Einwirkung der Faktoren eine gleichförmige, so wird der Charakter der Kurve nicht geändert werden, aber bei ungünstigen Einflüssen eine Verlangsamung, endlich ein Sistieren des Wachstums eintreten. Im allgemeinen sind die schädlichen Konzentrationen etwas enger gezogen als für die einfache Erhaltung (vgl. Kap. V und Embryogenese Kap. IX; ferner Paramaecium — Estabrook 1910, Kaulquappen — Jenkinson 1910).

Der mit der Geschwindigkeit des Wachstums in besonderer Weise verknüpfte Einfluß der Temperatur wird bei Besprechung des Energiewechsels erst nach dem Kapitel „Bewegung“ erfolgen, da sich da wichtige Parallelen ergeben.

„Die Zunahme an lebendiger Substanz durch das Wachstum findet derart statt, daß eine Verdoppelung der Masse jeder Zelle wieder zu ihrem Zerfalle führt, wobei in zeitlicher Beziehung sich Parallelen zur Autokatalyse lebloser Chemismen finden.“

Kapitel VII.

Bewegung.

Unter Bewegung wollen wir die Veränderung der gegenseitigen Lage von materiellen Punkten im Raume verstehen. Diese materiellen Punkte können entweder nicht miteinander in Verbindung stehen oder aber miteinander verbunden sein.

Die Bewegung materieller Punkte in bezug auf ein nicht mit ihnen natürlicherweise verbundenes System wird als Lokomotion gegenüber der Bewegung von miteinander verbundenen Teilchen innerhalb eines Systems mit einer beschränkten Anzahl von Freiheitsgraden bezeichnet.

In bezug auf die Lebewesen betrifft also Lokomotion die Bewegung des ganzen Organismus von einem Orte zum andern, während die Bewegungen der Organe innerhalb des Organismus und die Veränderungen der gegenseitigen Lage der Teilchen im Verlaufe des Wachstums als Vorgänge in ein und demselben Systeme anzusehen sind.

Die Form der lokomotorischen Bewegungsbahnen hängt hauptsächlich von der gegenseitigen Lage und Bewegungsfreiheit der als Bewegungsorgane fungierenden Teile des Tierkörpers ab; aus der Betrachtung der Tiere als vielgliedriger Gelenksysteme lassen sich die Grundlagen für eine Mechanik der lebenden Körper entwickeln (vgl. O. Fischer 1906), welche mit jener anorganischer Maschinen übereinstimmt. Für die Vitalität im allgemeinen interessieren uns diese je nach Tierart und Entwicklungszustand verschiedenen, besonderen Bewegungsfunktionen (vgl. R. du Bois-Reymond 1911) hier nicht weiter.

Die Geschwindigkeit und die lebendige Kraft in ihren quantitativen Beziehungen wollen wir ebenso, wie wir es beim Wachstum getan haben, auch für die Bewegung erst im letzten Kapitel behandeln, das uns mit den Energieverhältnissen der Tiere bekannt machen soll.

Die einzuschlagende Richtung ist für uns am wichtigsten, weil sie es ist, die den Eindruck der Willkürlichkeit oder Selbsttätigkeit, jener für die Lebewesen so charakteristischen Eigenschaft, in erster Linie hervorruft. Wir finden sie von einer größeren Anzahl von Faktoren abhängig, nämlich

1. von der zufälligen, augenblicklichen Stellung des Tierkörpers respektive seiner Empfindungs- und Bewegungsorgane;

2. der Einwirkungsrichtung äußerer Faktoren besonders als richtunggebenden Reizen;

3. der Stärke dieser richtunggebenden Reize;

4. der augenblicklichen physiologischen Stimmung, d. i. Erregungs-, Erschöpfungszustand des Tieres, und

5. etwaigen vorhergegangenen Eindrücken ererbter oder erst persönlich erworbener Natur.

Die Ausgangsstellung eines Tieres ist für seine Bewegung dann maßgebend, wenn kein richtunggebender Reiz eine Drehung des Körpers veranlaßt; die Bewegung verläuft dann in jener Richtung, welche durch die nacheinander in Funktion gesetzten

Bewegungsorgane oder Teile des Tierkörpers vorgezeichnet erscheint. Freilich wird die Beibehaltung der gleichförmigen Bahnrichtung selten lange Zeit dauern, da Reibungen und Hindernisse sonstiger Art, welche nicht symmetrisch zur Bahnrichtung oder dem Bewegungskomplexe des Tieres angeordnet sind, bald eine passive Drehung des Tieres bewirken, bald ebenso wie andere richtunggebende Reize das Tier zu einer aktiven Änderung seiner Bahnrichtung veranlassen.

Namentlich ist dies der Fall, selbst bei anscheinend gleichbleibenden Außenfaktoren, wenn sich viele Tiere gleicher Art in einem gemeinsamen Medium in verhältnismäßig gedrängter Weise tummeln. Die diffus verteilten Tiere nähern sich einander in allen möglichen Richtungen und entfernen sich voneinander nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit, so wie es auch leblose Partikelchen (abgetötete Bakterien bei der Brownschen Molekularbewegung — Karl Przibram 1912) tun (Trachelomonas, Colpidium, Paramaecium — Karl Przibram 1913 *Pflügers Archiv*).

Verändert sich ein skalarer äußerer Faktor, etwa die Temperatur des Mediums, gleichförmig im ganzen Raume, so wird hierdurch zwar an der Geschwindigkeit, nicht aber an der Verteilung der Bewegungsbahnen nach den verschiedenen Richtungen etwas geändert. Anders, wenn der Organismus in ein von Kraftlinien durchzogenes Feld gerät, in welchem diese Linien gleicher Intensität nicht einander parallel laufen. Sind die betreffenden äußeren Kräfte überhaupt imstande, eine reizende Wirkung auf die verwendeten Tiere auszuüben, so muß diese Wirkung stärker werden an jenen Stellen, in welchen die Kraftlinien dichter zueinander laufen, also näher der Kraftquelle, schwächer, wo die Kraftlinien auseinanderlaufen, weiter von der Kraftquelle weg.

Dadurch wird eine Ordnung in die Bewegung der bisher ungeordnet durcheinander wirbelnden Tiere gebracht, weshalb für die Bewegung der Tiere in einer bestimmten Richtung unter dem Einflusse eines richtunggebenden Reizes die Bezeichnung „Taxis" eine zutreffende ist.

Die Ordnung kommt dadurch zustande, daß die Tiere in ihren sukzessiven ungeordneten Bahnen auch unsymmetrisch von den Kraftlinien getroffen werden müssen und nun infolge der verschieden starken Einwirkung auf verschiedenen Körperseiten eine Drehung erleiden, und zwar so lange, bis sie zu den Kraftlinien symmetrisch orientiert sind.

Ist die Einwirkung des äußeren Faktors eine solche, daß er Anziehung der Tiere an die Kraftquelle herbeiführen kann, so spricht man von positiver, im entgegengesetzten Falle, also bei Abstoßung von negativer Chemotaxis, Hydrotaxis, Tonotaxis, Stereotaxis, Barytaxis, Elektrotaxis, Phototaxis oder Thermotaxis, je nachdem als äußere Faktoren chemische Agentien, Feuchtigkeit, Dichte, mechanische Agentien, Schwerkraft, Elektrizität, Licht oder Wärme den ordnenden Reiz abgeben.

In einem beschränkten Raume muß die Taxis zu einer Ansammlung der Tiere gleicher Art an bestimmten Stellen führen.

Dieses Moment fehlt bei festsitzenden Organismen, welche zwar Teile ihres Körpers in eine bestimmte Orientierung zu einem einseitig wirkenden äußeren Faktor bringen und damit auch die Richtung der zuwachsenden Teile in eine Beziehnng zur Hin- oder Abwendung von der äußeren Kraftquelle setzen können, aber keine Ansammlung durch Lokomotion nach bestimmt ausgezeichneten Stellen durchführen. Die Wendung nach oder von der Kraftquelle wird mit dem griechischen Ausdrucke positiver oder negativer Tropismus (mit analoger Bezeichnung des äußeren Faktors wie bei der Taxis) genannt.

Die Stärke des äußeren Faktors ist für den Grad der hervorgebrachten Wirkung maßgebend; jene Stärke, welche überhaupt eben eine Reaktion auslöst, wird als Reizschwelle bezeichnet. Bei n i e d e r e n Tieren nimmt die Zunahme der objektiv in der Taxis beobachtbaren Bewegungsreaktion der Intensität des äußeren Faktors proportional zu, wovon man sich am besten dadurch überzeugen kann, daß man gleichzeitig zwei verschiedene Reize unter einem Winkel auf dieselben Tiere einwirken läßt. Unter dem Einflusse der beiden richtunggebenden Kräfte schlagen die Tiere eine zu den einfallenden Kräften diagonale Richtung ein, welche die Resultante aus dem Kräfteparallelogramm darstellt (Paramaecium — J e n n i n g s 1906, Littorina — B o h n 1905).

Wählt man nun die eine Kraft doppelt so groß als früher, so läßt sich ohne weiteres aus dem neuen Kräfteparallelogramm berechnen, unter welchem Winkel die neue Taxis erfolgt. Der doppelten Zunahme der äußeren Kraft muß also die doppelte Wirkung entsprochen haben (Daphnien u. a. — S z y m a n s k i 1911 *I*).

Bei höheren Tieren steigt zwar der Reaktionserfolg auch mit der Stärke der einwirkenden Kraft, jedoch in geringerem

Maße (vielleicht schon bei Mehlwürmern — Szymanski 1911 *II.*) als diese. Beim Menschen findet diese Beziehung auch ihren subjektiven Ausdruck im „psychophysischen Grundgesetze", welches besagt, daß nicht gleiche absolute, sondern nur gleiche relative Reizzuwächse gleichen Empfindungszuwächsen entsprechen, d. h. die Unterschiedsempfindlichkeit nimmt mit steigender Intensität des äußeren Reizes in der Weise ab, daß bei dem doppelten Reize ein eben merklicher Empfindungszuwachs erst bei einer weiteren Reizsteigerung bemerkt wird, die das Doppelte von derjenigen ausmacht, die beim einfachen Reize einen eben merklichen Empfindungszuwachs erzeugt hätte (Fechner 1889).

Wir können eine Erklärung für diese Erscheinung in der besonderen Konstruktion der höheren Tiere erblicken, welche jeder Veränderung ihres inneren Zustandes durch äußere Faktoren einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen, der sich einerseits auf Isolation aller nicht für die Aufnahme gewisser äußerer Reize bestimmten Teile, anderseits aber namentlich in der Aufrechterhaltung bestimmter Grade der Faktoren im Innern beruht. Jeder Störung dieses aufrechtzuerhaltenden Gleichgewichtes durch einwirkende Reize wird sogleich gewissermaßen ein „Polarisationsstrom" entgegengeschickt, der die Wirkung wie in einem elektrischen Elemente schwächt, um mich eines Vergleiches aus der Technik zu bedienen.

Aber auch für die höheren Tiere gilt das Gesetz der Zusammensetzung von Kräften nach dem Kräfteparallelogramme, nur ist die Berechnung in mehrerer Beziehung komplizierter. Hier spielen nämlich außer den simultan einwirkenden äußeren Reizen auch sehr viele frühere äußere Reize mit, die jetzt im Innern des Organismus als Gedächtnis ihren Sitz haben („Ideotropischer Reiz" vgl. Szymanski 1911 *II*).

Außer der Beeinflussung des Richtungswinkels hat jedoch die Stärke des äußeren Faktors noch die Eigentümlichkeit, bei Erreichung einer bestimmten Höhe eine Umkehr in der Bewegungsrichtung des Tieres, d. i. also z. B. eine Verkehrung der positiven Taxis in eine negative, zu veranlassen. Es geschieht dies in der Regel, wenn ein für das Tier empfindbarer Reiz in einer wesentlich übernormalen Höhe einwirkt. So werden durch das stark ultraviolette Strahlen enthaltende Licht der Heraeuslampe Daphnien, Copepoden und Balanuslarven von der Lichtquelle weggetrieben (Loeb 1906 *Heliotropismus*), aber auf

gleiche Weise wirken auch starke für uns sichtbare Strahlen (Daphnia und Cyclops — Ewald 1910, Balanus perforatus — Ewald 1912).

Eine Umkehr der Richtung kann ferner hervorgerufen werden durch die Einwirkung eines zweiten, jedoch skalar einwirkenden äußeren Faktors. So können negativ phototaktische junge Daphnien oder solche, welche nur schwach taktisch reagieren, durch Zusatz von Säuren, etwa Kohlensäure stark positiv phototaktisch gemacht werden (Loeb 1906 *Heliotropismus*) und Temperaturerniedrigung begünstigt die Geschwindigkeit dieser Richtungsumkehr. Die durch ultraviolettes Licht negativ gewordenen Daphnien werden bei Säurezusatz ebenfalls wieder positiv (Moore 1912 *Daphnia*). Strychninzusatz macht positive Daphnia pulex indifferent, doch kann der frühere positive Zustand durch den für Frösche als Gegengift gegen Strychninvergiftung wirkenden Kampfer wiederhergestellt werden. Ähnlich verhält sich Diaptomus (bakeri?); doch soll die durch Koffein oder Säuren hervorgerufene positive Phototaxis durch Strychnin nicht umkehrbar sein (Moore 1912 *Strychnine*).

Auf Balanuslarven wirken negativierend Magnesiumchlorid, Kupferspuren, Ammonium, hypotonische Meersalzlösung, positivierend Sauerstoffmangel, Natrium- und Kaliumchlorid, Temperaturabfall, Säuren: Kalziumchlorid, Alkohol, Chloroform und Äther heben jede Taxis auf (Ewald 1912).

Negativ phototaktische Neuropterennymphen von Heptagenia interpunctata können auch durch chemische Mittel (Säuren HCl 0·004%, auch CO_2 u. a.), Salze (Ammoniumbromid, Kaliumjodid und -chlorid 0·3%), Alkalien (in höheren Dosen) positiv gemacht werden (Wodsedalek 1911). Paramaecien werden bei Erschütterung, Salzzusatz, Temperaturwechsel aus negativ zu positiv phototaktischen Tieren (Sosnowski 1899, Moore 1903). Beim Muschelkrebschen Cypridopsis genügt das Aufsaugen in eine Pipette zur Positivierung der sonst negativen Tiere (Towle 1900).

Bei Larven von Polygordius und marinen Copepoden wird positive Phototaxis schon durch Temperaturerniedrigung allein hervorgerufen (Loeb 1893 *Umwandlung*).

Die Nauplien von Balanus steigen nachts an die Oberfläche, wandern aber vor dem starken Tageslicht wieder in die Tiefe. Es handelt sich dabei nicht um eine festgelegte periodische Schwankung, denn werden die Nauplien absichtlich verdunkelt,

so zeigen sie bei nachheriger plötzlicher Beleuchtung, auch durch starkes Licht, positive Phototaxis, die bei fortgesetzter Belichtung allmählich in negative übergeht. Höhere Temperatur begünstigt diesen Umschlag (Loeb und Groom 1890).

Die anfänglich befremdliche Veränderlichkeit der Phototaxis kann vielleicht durch ein uns sehr naheliegendes Beispiel erläutert werden: versetzen wir uns in eine Straße, deren eines Trottoir, gegen Norden gelegen, Schatten besitzt, während das andere der Mittagssonne ausgesetzt ist; ist es in der Früh kalt, so wird die Mehrzahl der Passanten die sonnige Seite benutzen; ist jedoch die Temperatur des Tages von vornherein eine hohe, so wird die Mehrzahl der Leute auch in der Früh schon die schattige Seite benutzen. Dabei sind es die Augen der Menschen, durch deren Vermittlung die Orientierung erfolgt, nicht etwa die Wärmeempfindung (Przibram, Exper. Morphologie 1904, S. 36). Ebensowenig wie alle Passanten zu gleicher Zeit die Sonnenseite oder Schattenseite aufsuchen, sondern etwa gerade leichtbekleidete oder schlecht ernährte Individuen länger die Sonne aufsuchen werden, ebensowenig folgen alle Tiere ein und derselben Art in jedem Momente derselben äußeren Kraft. Während das hungrige Tier von den Futterstoffen leicht chemotaktisch gereizt wird, bleibt das gesättigte indifferent oder wird selbst vom Geruche des Futters angeekelt und abgestoßen. Ganz besonders ist auch die Reizschwelle von jener Stärke des äußeren Faktors abhängig, die früher auf das Lebewesen selbst oder sogar mehrere Generationen hindurch auf seine Vorfahren eingewirkt hat.

Die konstante Einwirkung einer größeren als der normalerweise erfahrenen Intensität eines einwirkenden, bewegungsauslösenden Reizes erhöht nämlich die Reizschwelle für diesen Reiz im Verhältnis zu ihrer Stärke.

Auch der Organismus der niedersten Lebewesen reagiert in diesem Bezug analog dem „psychophysischen Grundgesetze“ (Davenport und Cannon 1897).

Während aber bei den Empfindungen des Menschen (und wahrscheinlich der ähnlich organisierten Warmblüter überhaupt) die ursprüngliche Stimmung eines Empfindungsorgans schon durch die Wirksamkeit des Gesetzes selbst und dann durch die Ausschaltung einwirkender Empfindungen im Schlafe mehr weniger genau wieder hergestellt wird, handelt es sich bei der Veränderung niederer Lebewesen durch neue konstante äußere

Intensitäten um eine dauernde Veränderung der ganzen Stimmung, welche nicht mehr zu ihrem Ausgangspunkte zurückkehrt, sondern in einem neuen, dem äußeren Faktor direkt parallelen Zustande verharrt.

In einer zweiten Beziehung mehr indirekter Natur wird die Taxis durch eine vorhergegangene Erfahrung des Tieres beeinflußt: nämlich die Verknüpfung einer bestimmten Richtung gegen eine äußere Kraftquelle oder von derselben fort mit dem Erfolge dieser ausgeführten Bewegung. Zur Wirksamkeit einer solchen „Assoziation" gehört das Verbleiben eines Eindruckes dieses Reaktionsablaufes und Erfolges, welcher nun selbst als „mnemotaktische" Kraft in das Bewegungsspiel einzutreten vermag.

Hiemit betreten wir das Gebiet der Lehre vom Gedächtnisse, der Ideenassoziationen und anderer psychologischer Probleme, welchen das nächste Kapitel gewidmet sein soll.

Hier lasse ich nur noch eine gedrängte Übersicht der bisher auf die Einwirkung unserer 8 äußeren Faktoren experimentell untersuchten Taxisfälle folgen.

1. Chemotaxis.

Chemische Reize gehen entweder von gasförmigen, flüssigen oder festen Körpern aus; subjektiv nehmen wir Gase mit dem Geruchsinn, Lösungen mit dem Geschmacksinn wahr; ob bei niederen Tieren chemische Reize auch auf andere Weise als durch Transport kleiner Teilchen perzipiert werden können, ist uns nicht bekannt.

Wanderungen zu bestimmten Gasen hin sind bei Einzelligen nicht selten und treten als positive Oxygenotaxis auf (Myxomyzetes — Stange 1890, Euglena viridis — Aderhold 1888, Infusorien — Engelmann 1881).

Positive Chemotaxis gegen gelöste Geruchstoffe findet sich ebenfalls bei Protozoen (Cryptomonas — Verworn 1889, Bodo saltans — Pfeffer 1884), ebenso negative (Paramaecium — Jennings 1897). Meist wirken negativ anorganische Säuren wie Salzsäure und Salpetersäure in 1500 fach verdünnter Normallösung, fast ebenso heftig die Schwermetallsalze $ZnSO_4$, $ZnCl_2$, $CuSO_4$, $AgNO_3$, ferner die Jodide mehr als die Bromide, diese mehr als die Chloride; dabei wirkt Na- und Li-Cl nur mehr in 30 fach verdünnter Normallösung, KCl in 50, Mg-, Ca-, Sr- und Ba-Cl_2 in 100. bis 200 facher Verdünnung; Alkalien stehen

zwischen diesen Salzen und den anorganischen Säuren mit 500facher Verdünnung als Reizschwelle in der Mitte (Chilomonas — Garray 1900). Während Essigsäure noch negative Chemotaxis in 0·2—4% Lösung erzeugt, bewirken höher zusammengesetzte organische Säuren positive Chemotaxis bei ein und demselben Organismus in gleichen Konzentrationen, z. B. Butter-, Milch-, Valerian-, Apfel-, Propion-, Zitron-, Wein- und Gerbsäure (Myxamoeba — Stange 1890). Wie wir sehen, erzeugen im allgemeinen die giftigen Stoffe eine negative, die als Nahrung verwendbaren eine positive Chemotaxis; man hat letztere auch als „Trophotaxis" bezeichnet. Ähnlich verhält es sich auch bei den Metazoen, wo positive Chemotaxis zu Nahrungsstoffen hinführt (Planaria — Pearl 1903, Muscidenmaden — Loeb 1890 *Würzburg*, Drosophila — Barrows 1907) und ungewohnte Salze, etwa Chloride von Na, NH_4, Si, K (Allolobophora foetida und Helodrilus caliginosus — Parker 1906) oder Riechstoffe, wie Klee-Essenz, Lawendelwasser u. a. (Formicidae — Lubbock 1884) eine Abwendung hervorrufen.

Auf die Frage der Mitwirkung von chemischen Reizen bei der Auffindung von bestimmten Lokalitäten, den „Nestgeruch" der Stammesangehörigen und die Rolle der Chemotaxis für die geschlechtliche Funktion kann hier nicht eingegangen werden (letztere wird im letzten Bande „Funktion" noch zur Besprechung gelangen).

2. Hydrotaxis.

Feuchtigkeitsreize sind wenig untersucht; subjektiv empfinden wir mangelnde Feuchtigkeit als Durst und durstige Tiere scheinen durch den Geruchsinn Wasser aufzufinden, so daß in dieser Beziehung die Hydrotaxis vielleicht als eine Chemotaxis aufzufassen wäre.

Myxomyzeten wandern auf einem Fließpapier ausgebreitet zu stärker befeuchteten Stellen (Aethalium septicum — Stahl 1884) und Seesterne lassen sich aus einer reitenden Stellung auf jene Seite hinab, die dem Wasser zunächst ist (Preyer 1886–1887). Carcinus maenas schlägt stets unter sonst ganz verschiedenen Verhältnissen den Weg zum Meere ein, auch im Finstern (Drzewina 1908).

3. Tonotaxis.

Konzentrationsreize von den chemischen Reizen bestimmter Stoffe zu unterscheiden, ist sehr schwer; ein subjektives Korrelat

haben wir vielleicht im Allgemein-, Hunger- und Schwindelgefühl, falls man diese als verschieden vom Drucksinn auffassen könnte. Man hat versucht, die Seitenlinie der Fische als besonderes Organ für Konzentrationsunterschiede anzusprechen.

Die Myxomyzeten suchen jede andere als die ihnen normale Salzkonzentration neutraler Salze zu fliehen (Aethalium septicum — Stahl 1884) und auch andere Protozoen (Flagellaten — Massart 1889, Anophrys — Massart 1891) sowie Metazoen (Hydra, Rana — Massart 1891) verhalten sich ebenso, wobei isotonische Lösungen neutraler Salze eine gleiche Stärke der negativen Tonotaxis hervorbringen.

4. Stereotaxis.

Grobmechanische Reize werden von allen gasförmigen, flüssigen und festen Körpern auf die Oberflächen der Tiere ausgeübt, sobald diese sich bewegen; subjektiv ist uns die Begegnung eines Widerstandes seitens einer andern molaren Masse im Druck- oder Tastsinn gegeben. Die Einwirkung von „Wind“ als richtunggebendem Bewegungsreiz kann als „Anemotaxis“, jene strömenden Wassers als „Rheotaxis“ von der Berührung fester Körper, „Thigmotaxis“, unterschieden werden.

Positive Thigmotaxis ist sehr allgemein verbreitet bei Protisten (Amoeba — Le Dantec 1895, Glaucoma, Colpidium, Paramaecium, Stylonichia, Urostyla — Pfeffer 1888, Oxytricha — Verworn 1895), indem diese Tiere gerne an festen Körpern sich hinbewegen; negative Thigmotaxis tritt aber sogleich ein, wenn ein dem Tier schädlicher Druck oder Schnitt ausgeführt wird (Amoeba, Paramaecium — Jennigs 1897, 1904, 1906, Pütter 1900).

Unter den Metazoen gibt es viele ausgesprochen positiv stereotaktische Tiere, wie Schmetterlinge, die sich selbst unter Glasplatten verstecken, also keinesfalls das Licht durch ihr Verstecken vermeiden (Amphipyra — Loeb 1890 *Würzburg*) oder Nereïswürmer, die sogar durch so starkes Sonnenlicht nicht aus Glasröhren vertrieben werden können, daß sie dadurch den Tod finden (Maxwell 1897).

Das Bestreben, bestimmte Körperteile, meistens schlecht mit Verteidigungsmitteln ausgerüstete, in Berührung mit festen Wänden zu halten, finden wir auch bei den höheren Tieren. Hier tritt aber gewöhnlich diese positive Thigmotaxis bloß in gewissen

physiologischen Zuständen, wie dem zur Beschleichung der Beute führenden Hunger oder der zur Rückendeckung zwingenden Angst ein und behufs Gewinnung des Kontaktes, der dann zur Orientierung dient, werden andere Sinne, meist das Gesicht, verwendet. Als Beispiel möge die Katze dienen, welche, verfolgt, zunächst nach einer geschützten Stelle sich umsieht, dann nach Erreichung einer Wandecke sich mit dem Rücken gegen dieselbe drückt, die Verteidigungswaffen, Zähne und Krallen, dem angreifenden Hunde zugewandt.

„Eine oft nur unbewußte Thigmotaxis ist rudimentär noch beim Kulturmenschen nachzuweisen; ganz allgemein werden in Kaffeehäusern und Restaurants zuerst jene Tische besetzt, die längs der Wände aufgestellt sind und die erstgekommenen Leute setzen sich so, daß ihr Rücken der Wand zugekehrt ist, auch dann, wenn es gar nicht in ihrer Absicht liegt, etwa Vorübergehende zu sehen, wie ihr eifriges Zeitungsstudium beweist — es ist ihnen einfach unangenehm, ihren Rücken frei zu wissen!" (Przibram, Exper. Morph., 1904 S. 34). Ähnliches kann man in der elektrischen Trambahn beobachten. Teilweise ist die Furcht vor Zug Ursache der Erscheinung, also eine negative Anemotaxis.

Positive Anemotaxis, eine Bewegung gegen die Windquelle zu, findet sich vornehmlich bei den zweiflügeligen Insekten (Wheeler 1899), positive Rheotaxis bei Krustazeen (Asellidae — Banta 1910) und Fischen. Doch ist letztere wahrscheinlich in der Regel auf Gesichtseindrücke oder auf Thigmotaxis mit dem Flußbette zurückzuführen (Lyon 1904, 1905, 1907) und vielleicht gilt dasselbe von der Anemotaxis der Insekten.

Selbst die blinde Wasserassel Caecidotea folgt eher den Belichtungs- als den Berührungsreizen, wenngleich sie letzteren rascher folgt als die sehenden Asellus und im Dunkeln stets rheotaktisch reagiert.

Für wellenförmig sich fortpflanzende Erschütterungen pflegen alle Tiere sehr empfindlich zu sein und es ist für die Perzeption bestimmter Wellenlängen bei höheren Tieren ein eigener qualitativ vom Tastsinne verschiedener Empfindungskomplex, das Gehör, entwickelt. Wie weit hinab in der Tierreihe Gehörseindrücke durch die Schallwellen ausgelöst werden, ist sehr schwer zu entscheiden, da namentlich bei Wassertieren die Unterscheidung der Reaktion auf Schallwellen von der auf direkte Erschütterung des Wassers hin schwer vorzunehmen ist.

5. Barytaxis.

Der Reiz der Schwerkraft, in der Natur bei uns vom Zentrum der Erde aus wirkend, ruft bei vielen Tieren eine negative Barytaxis („Geotaxis") hervor. So sammeln sich Urtiere auch dann an der dem Erdinnern abgewandten Seite eines Gefäßes, wenn dort nicht eine freie Sauerstofffläche sie anlockt (Paramaecium — Jensen 1893, Lyon 1905); auf einem Klinostaten in Gläsern bewegen sich Euglena und Chilomonas auch einer Zentrifugalkraft entgegen, deren Stärke zwischen 0·5 und 8·5 *g* liegt (Schwarz 1884).

Positive Geotaxis wird durch mechanische Insulten, ferner Salze, Alkalien, Temperaturwechsel zeitweise hergestellt, dauernd durch Futtermangel (Paramaecium — Moore 1903, Sosnowski 1899).

Negativ geotaktisch sind unter den Metazoen z. B. die Meduse Bougainvillia superciliaris (Mast 1911), die entwickelten Tiere von Actinia mesembryanthemum, Asterina gibbosa, Cucumaria (Loeb 1891 *Heteromorphose*), die Seeigellarven (Arbacia — Lyon 1906), Marienkäfer und viele andere Insekten (Loeb 1888 *Orientierung*).

Positiv geotaktisch sind viele verwandlungsreife Insektenlarven, z. B. die Fliegenmaden (Loeb 1890 *Würzburg*; bestritten von Mast 1910).

Mit barytaktischen Reizen hängen eine Reihe von Erscheinungen zusammen, die in die spezielle Physiologie der Organbildung oder der Funktion bestimmter Lebewesen gehören.

Manche Hydroidpolypen lassen den „Wurzelpol" gegen das Erdinnere, den „Sproßpol" nach der entgegengesetzten Richtung wachsen, positiver und negativer „Geotropismus" (Antennularia antennina — Loeb 1891, Corymorpha palma — Torrey 1904).

Viele Tiere stellen die Sehorgane in bestimmter Weise zum Horizonte ein; hierbei kommen Gleichgewichtsorgane besonderer Konstruktion in Betracht (z. B. der Bogengangapparat), welche auch sonst an der Einstellung des Körpers in Orientierung zur Schwerkraftsrichtung tätig sind. Diese Verhältnisse gehören bereits in die spezielle Physiologie der Funktionen.

6. Elektrotaxis.

Obzwar elektrische Reize sehr heftige Zwangszustände bei Tieren hervorrufen können, so treten doch bei uns subjektiv keine

besonders gearteten Empfindungen auf, wenigstens nicht andere, als jene, die auch bei anderen Reizen im Gebiete des Tastsinnes und Allgemeingefühles sich geltend machen. Insofern jedoch die Bewegung und Zustandsänderung der Muskeln auf nervöse Einwirkung hin stets auf Wanderung elektrisch geladener Ionen und unter Begleitung von elektrischen Strömen erfolgt, möchte ich das „Muskelgefühl“ als Sinn zur Perzeption elektrischer Reize betrachten.

Das Wandern von Organismen gegen die Anode des galvanischen Stromes wird als positive Galvanotaxis bezeichnet. Positiv galvanotaktische sind unter den Urtieren Polytoma uvella, Cryptomonas ovata, Chilomonas paramaecium, Opalina ranarum; negativ dagegen Paramaecium aurelia, P. bursaria, Stentor coeruleus, St. polymorphus, Bursaria truncatella, Stylonichia mytilus, Pleuronema chrysalis, Halteria grandinella (Verworn 1889), Amoeba diffluens, Trachelomonas hispida; Spirostomum ambiguum stellt sich senkrecht zur Durchströmungsrichtung ein, sogenannte „transversale“ Galvanotaxis (Verworn 1895).

Die Wanderungsgeschwindigkeit von Paramaecium nimmt von 3 Millionstel bis 21 Millionstel Ampère pro Quadratmillimer (Einheit δ) zu, dann aber ab und erlischt bei 60 δ fast ganz (Ludloff 1895). Kalkfällende Mittel kehren die Wanderungsrichtung um, bei völligem Auswaschen allen Kalkes hört die Galvanotaxis auf (Bancroft 1905, 1906). Unter den Metazoen orientiert Hydra frei schwimmend den Fuß gegen die Anode, ist also positiv galvanotaktisch (Pearl 1901).

Hirudo medicinalis, Branchiobdella astaci bei 0·8 δ, Hydrophilus piceus bei 1·9 δ sind negativ, Astacus fluviatilis bei 0·4 δ, Dytiscus marginalis bei 1·9 δ positiv galvanotaktisch (Blasius und Schweizer 1893). Als negativ werden ferner, aber ohne Angabe der Stromstärke, erwähnt: Tubifex rivulorum, Lumbricus, Limnaea stagnalis (Nagel 1895) und andere Gasteropoden, als positiv: Cyclops (Nagel 1892), Asellus aquaticus, Notonecta, Corixa striata (Nagel 1895).

Wird die Süßwassergarnele Palaeomonetes mit dem Kopfe gegen die Kathode gestellt, so ist ihre Rückwärtsbewegung, wird sie gegen die Anode orientiert, ihre Vorwärtsbewegung erleichtert; daher ist die Bewegungsrichtung stets gegen die Anode bevorzugt (Loeb 1896).

Ebenso verhalten sich der Aal bei 1·58 δ, Salamander und

Frösche bei 2·3 bis 4·7 δ (Blasius u. Schweizer 1893), die Axolotlarve (Amblystoma — Loeb u. Garrey 1896) und 5tägige Rana-Kaulquappen (Ewald 1894). Doch treiben sehr schwache Ströme, am Schwanzende eintretend, die Kaulquappen durch Erregung des Gehirnes ohne Richtunggebung zur Kathode, was die negative Galvanotaxis, welche bei 0·3 bis 1·5 δ beobachtet worden war (Hermann u. Matthias 1894), aufklärt (Ewald 1894).

7. Phototaxis.

Reize strahlender Energie gehen in der Natur hauptsächlich von der Sonne aus, daher meist an Stelle von Phototaxis der Ausdruck „Heliotaxis" Verwendung findet. Subjektiv empfinden wir Wellenlängen innerhalb 0·8 und 0·4 μ als Licht, während wir die ultraroten Wellenlängen über 0·8 und die ultravioletten Wellenlängen unter 0·4 μ nicht wahrzunehmen vermögen. Da die ersteren Wärme, die letzteren chemische Wirkungen hervorbringen und auch die lebende Substanz zu verändern imstande sind, so ist es gewiß nicht ausgeschlossen, daß andere Organismen als wir mit anders konstruierten Sehorganen, besser „photorezeptorischen" Organen, ausgestattet, auch direkt andere Wellenlängen als Lichtqualitäten zu perzipieren imstande sind. Auf diese ganze Frage soll, wie auf die Frage nach dem Farbensinne der Tiere, nicht an dieser Stelle, sondern erst bei Besprechung der „Funktion" eingegangen werden.

Wir bezeichnen als positive Phototaxis die Wanderung zur Lichtquelle, als negative die Wanderung von der Lichtquelle weg. Man hat mehrfach eine Trennung zwischen „Unterschiedsempfindlichkeit" und Reaktion auf Strahlenrichtung gemacht und bloß die letztere als Phototaxis bezeichnet, während die Ansammlung an stärker belichteten Stellen diffusen Lichtes als „Photophilie", jene an schwächer belichteten Stellen als „Photophobie" beschrieben wurde.

Ich habe mich nicht davon überzeugen können, daß die hierfür geltend gemachten Gründe zu Recht bestehen.

Loeb führt in allen einschlägigen Schriften einen Versuch mit Porthesiaraupen an, der von ausschlaggebender Bedeutung sein soll. Wird ein Fenster in horizontaler Richtung zur Hälfte abgeblendet, so daß durch die obere Hälfte direktes Sonnenlicht, durch die untere diffuses Tageslicht in das Zimmer einfällt und

nun eine Eprouvette derart horizontal aufgestellt, daß sie zur Hälfte die Sonnenstrahlen, zu der gegen das Fenster gerichteten Hälfte aber bloß diffuses Tageslicht erhält, und nun in das andere Ende die Räupchen gebracht, so wandern diese nicht nur gegen das einfallende direkte Sonnenlicht, sondern setzen, wenngleich nach kurzem Zögern an der Sonnenbestrahlungsgrenze, ihre Wanderung gegen das Fenster in der diffusen Beleuchtung fort. Da nun zweifellos die Intensität des diffusen Lichtes selbst näher zum Fenster geringer ist als jene der Sonnenstrahlen, so soll die Einfallsrichtung des diffusen Lichtes und nicht seine Intensität für die Orientierung maßgebend sein. Dazu möchte ich mir mehrere Bemerkungen erlauben, ohne daß ich dadurch die Frage für gelöst im entgegengesetzten Sinne halten würde. Von einer Einfallsrichtung des diffusen Lichtes läßt sich schwerlich sprechen, da ja das diffuse Licht gerade definiert ist durch die allseitige Richtung der reflektierten Lichtstrahlen. Hingegen sinkt die Intensität gerade des diffusen Lichtes gegen das Fenster zu, weil es mit jeder Entfernung von demselben mehr absorbierende und zerstreuende Teilchen antrifft, die es schwächen. Die Richtunggebung des diffusen Lichtes beruht also gerade auf „Unterschiedempfindlichkeit". Warum die absolut geringere Intensität des diffusen Lichtes wirksam ist, obgleich auf die andere Hälfte der Eprouvette direkte Sonnenstrahlen fallen, wird nun allerdings mit der Richtung dieser Strahlen etwas zu tun haben: kommen nämlich bei einem Schritte die Räupchen mit ihrem Kopfe über die Bestrahlungsgrenze, so werden die vorwärts gerichteten Augen von der Richtung der Sonnenstrahlen nicht mehr getroffen; die Räupchen zögern daher, da sie plötzlich in ein verhältnismäßiges Dunkel gelangen, werden dann aber nach Adaption des Auges an die neue Helligkeit die gegen das Fenster zunehmende diffuse Beleuchtung perzipieren und nun ihre Bewegung gegen dasselbe fortsetzen.

Auf ähnliche Weise erkläre ich mir das verschiedene Verhalten von Planarien und Cladoceren in einem runden Gefäße. Die frei schwebenden Cladoceren sammeln sich entweder an der dem Lichte zugewendeten oder an der abgewendeten Seite, je nachdem ob die übrigen Umstände positivierend oder negativierend wirken, wie wir bereits früher gesehen haben. Die Planarien sammeln sich hingegen an den zur Einfallsachse des Lichtes senkrecht liegenden Stellen des Gefäßäquators an.

Die längs der Gefäßwand kriechende Planarie beruhigt sich, sobald sie an eine relativ weniger beleuchtete Stelle kommt und würde auch beim Weiterkriechen über die zur Lichtrichtung senkrecht stehende Mittellinie des Gefäßes wieder von mehr Strahlen auf den Kopf getroffen werden. Die im Gefäße schwimmenden Cladoceren kommen an relativ weniger beleuchteten Stellen nicht zur Ruhe, sondern schwimmen ungeordnet hin und her; sie können daher wieder mehr in die Mitte des Gefäßes gelangen, und da ihr Auge dem einfallenden Lichte fast allseits ausgesetzt ist, so spielt die Beschattung durch den eigenen Körper keine große Rolle und die negativierten Exemplare werden am Äquatorrand fast ebenso getroffen als an anderen Stellen. Ausschlaggebend ist für sie bloß die Abnahme der Lichtintensität mit der Entfernung von der Lichtquelle; es ist also wieder die „Unterschiedsempfindlichkeit", welche sie an die lichtquellenabgewandte Seite treibt.

Mit den bis jetzt angewandten Versuchsmethoden läßt sich weder im positiven noch im negativen Sinne beweisen, ob es außer der „Unterschiedsempfindlichkeit" eine andere Art der Phototaxis s. str. gibt*.

Im folgenden mache ich daher keine Unterscheidung, sondern führe alle phototaktischen Erscheinungen in einer Gruppe an.

Protozoa. Negativ: Aethalium septicum (Stahl 1884), Amoeba (Davenport 1897), Stentor (Holt und Lee 1901, Jennings 1904, 1906, Mast 1906).
Positiv im schwachen Licht: Euglena sp., Trachelomonas, Chlamydomonas u. a. (Mast 1911).

Porifera. Negativ: Larven von Reniera (Marshall 1882).

Coelenterata. Positiv in diffusem Licht: Hydra (Wilson 1891), Eudendrium-Planulae (Hargitt 1904, Loeb 1890 *Heliotropismus,* Mast 1911), Cereactis aurantiaca (Schmid 1911), Meduse von Bougainvillia superciliaris (Mast 1911).

Echinodermata. Negativ: Asterina gibbosa (Driesch 1890), Ophiocoma echinata (Cowles 1910, Literatur über „Intelligenz" der Echinodermen), Thyone briareus (Pearse 1908).
Positiv: Asteracanthion rubens (Graber 1885).

---

* Versuche mit anderer Anordnung zur Prüfung dieser Frage sind an der Biologischen Versuchsanstalt unter meiner Leitung im Gange.

Vermes. Negativ: Planaria (Loeb 1890 *Heliotropismus*, Walter 1907), Bipalium kewense (Cole 1907), Leptoplana tremellaris, Allolobophora foetida (Mast 1911) u. a. Lumbricidae (Adams 1903, Graber 1883, Harper 1905, Holmes 1905, Parker 1901, Smith 1902), Polynoë sp. (Driesch 1890), Hirudo (Loeb 1890 *Heliotropismus*), Polygordius-Larven (Loeb 1893 *Umwandlung*).

Positiv: Spirographis, Serpula (Loeb 1890 *Heliotropismus*), Arenicola cristata-Larve (Mast 1911).

Arthropoda-Crustacea. Je nach den bereits besprochenen Umständen positiv oder negativ: Daphniden (Loeb 1890 *Heliotropismus*, Davenport und Cannon 1897, Davenport und Lewis 1899, Ewald 1910, Moore 1912 *Daphnia, Strychnine*, Rádl 1901, 1903), Copepoden (Loeb 1893 *Umwandlung*, Ewald 1910), Larven von Balanus (Loeb und Groom 1890, Ewald 1912); Cypridopsis (Towle 1900).

Positiv bei schwachem und starkem Licht: Talorchestia longicornis, Orchestia agilis (letztere zuerst negativ — Holmes 1901), Asellus communis zwischen 1 und 2·5 Meterkerzen, darüber bloß kurz, dann negativ werdend, bei 2855 Meterkerzen bloß einen Moment positiv (Banta 1910), Idotea tricuspidata (Graber 1885), Cuma rathkii (Loeb 1906 *Dynamics*) = Diastylis (Loeb 1890 *Heliotropismus*), Caprella (Mast 1911), Homarus-Larven (Herrick 1895), Zoëen diverser Krabben (Mast 1911), Uca pugnax (Holmes 1908). Limulus polyphemus, jung, schwimmend (Mast 1911).

Negativ: Limulus polyphemus, alt, kriechend (Mast 1911), Caecidotea stygia, eine blinde Asselart, über 80 Meterkerzen, darunter indifferent (Banta 1910), Carcinus maenas (Driesch 1890).

Arthropoda-Hexapoda. Negativ: Blatta germanica, auch geblendet (Graber 1883), Nymphen von Heptagenia interpunctata (Wodsedalek 1911), Ranatra, bald positiv werdend (Holmes 1905), Melolontha vulgaris, Imago; Larven von Tenebrio und Musca (Loeb 1910 *Heliotropismus*).

Positiv: Aphidae (Loeb 1890 *Heliotropismus*); Sphodromantis (Przibram 1909, Szymanski 1911 *I*): Raupe

von Cossus ligniperda (Loeb 1906 *Dynamics*), eben geschlüpfte Räupchen von Porthesia chrysorrhoea, Imago desselben, Ameisen beim Hochzeitsfluge, später negativ, Musca-Imago (Loeb 1890 *Heliotropismus*), Drosophila bis 480.000 Meterkerzen (Carpenter 1908). Ferner zahlreiche Imagos anderer Insekten (vgl. z. B. Rádl 1903).

Mollusca. Negativ: Littorina rudis (Driesch 1890).
Positiv: Rissoa octona (Graber 1885).

Vertebrata-Pisces. Negativ: Gasterosteus spinachia (Graber 1885), viele Fische bloß bei Gefahr negativ oder positiv werdend (Franz 1910).
Positiv: Phoxinus laevis (Szymanski 1911 *II*).

Vertebrata-Amphibia. Negativ: Triton (Graber 1885), Frosch (Arten? — Loeb 1890 *Heliotropismus*).
Positiv: Bufo (Mast 1911), Rana clamata (Torelle 1903).

8. Thermotaxis.

Wärmereize, mögen dieselben durch Leitung oder Strahlung übermittelt werden, können von uns subjektiv mittels des Temperatursinnes wahrgenommen werden.

Die Bewegung zur Wärmequelle wird als positive, jene von derselben weg als negative Thermotaxis bezeichnet. Myxomyzeten strömen innerhalb eines Temperaturintervalles von 7 bis 30° C. stets zur wärmeren Stelle (Stahl 1884), Aethalium wird aber gegen 36° negativ (Wortmann 1885). Amoeba soll noch bei 35° positiv reagieren und ähnlich Echinopyxis aculeata (Verworn 1889). Paramaecium (Jensen 1893) wandert zur wärmeren Stelle bei Temperaturen unter 24°, zur kälteren bei Temperaturen über 28° C (Mendelssohn 1895, 1902). Es sucht damit die für sein Leben optimalen Temperaturen auf und das tun auch Metazoen (Blatta — Graber 1887, Triton — Graber 1883); ob dies auch für die gegen die Ofenwärme positiv thermotaktischen Raupen von Porthesia (Loeb 1890 *Heliotropismus*) gilt, scheint nicht bekannt zu sein.

Eine Orientierung zur strahlenden Wärme dürfte die Einstellung der Flügelfläche von Schmetterlingen (Polyommatus — Rádl 1903) sein: senkrecht zu den einfallenden Sonnenstrahlen bei geringen Intensitäten, abgewendet von dieser Richtung oder zusammengeklappt bei großen Intensitäten.

„Die Bewegung der Tiere folgt denselben Gesetzen, welche auch die Bewegungen in der anorganischen Natur beherrschen, und steht in strenger Abhängigkeit von der Einwirkung äußerer Faktoren, welche allerdings erst auf sehr indirektem Wege durch Reizung richtunggebend zu wirken pflegen.“

Kapitel VIII.

Gedächtnis.

Das Wort „Gedächtnis“ ist von „Denken“ abgeleitet und bezeichnet daher zunächst einen subjektiven Vorgang, nämlich das mögliche Wieder-bewußt-werden von Empfindungen und Vorstellungen unserer Gedankenwelt. Das unserem Gedächtnis „Entschwundene“ können wir unter gewissen Bedingungen wieder ins Gedächtnis zurückrufen, d. h. unbewußt gewordene Eindrücke wieder zum Bewußtsein bringen.

Wir haben also neben dem subjektiven oder, wenn man will, psychischen Vorgange offenbar noch ein zweites Ding zu unterscheiden, das uns die unbewußt gewordenen Eindrücke aufbewahrt, nämlich die nicht im Bewußtsein selbst gegebene Gedankenaufbewahrung, welche wir als „Erinnerungsarchiv“ bezeichnen könnten.

Wie uns aus allen Versuchen über Exstirpation einzelner Teile von Wirbeltieren bekannt ist und auch aus unserer unmittelbaren subjektiven Erfahrung hervorgeht, ist der Sitz dieses Archivs bei den Wirbeltieren das Zentralnervensystem, beim Menschen vor allem das Gehirn.

Je weiter wir uns von der speziellen Type des Menschen entfernen, um so weniger treffen wir anatomische Bestandteile an, welche mit unserem Gehirne sich vergleichen lassen, und desto problematischer wird daher das Vorhandensein eines dem unseren analogen „Gedankenarchivs“ und damit auch „Gedächtnisses“.

Daß die Stoffmenge des Gedankenarchivs als eines körperlichen Substrates für die Anzahl der aufbewahrungsfähigen Ein-

drücke maßgebend sein wird, ist wahrscheinlich und hat, wie bekannt, bis zu einem gewissen Grade in vergleichenden Untersuchungen über das Gehirngewicht, die Hirngröße und die geistigen Fähigkeiten der Wirbeltiere eine Bestätigung erfahren.

Hingegen läßt sich über die Abhängigkeit der Intensität des Bewußtseins von einer anatomischen Basis noch nichts aussagen, denn wir wissen unmittelbar überhaupt nur von unserem eigenen Bewußtsein und auch dieses entschwindet uns allnächtlich im Schlafe, oder es kann durch Narkose eine „künstliche Bewußtlosigkeit“ hervorgerufen werden. Wir erleben also alle Intensitätsgrade vom Nullpunkt an bei uns selbst. Wenn wir auch irgend eine Beziehung der Bewußtseinshöhe zum anatomischen Baue nicht aufstellen können, so legt doch die Analogie mit allen anderen Eigenschaften uns nahe, die erreichbare Bewußtseinshöhe des Menschen als die höchste unter allen Mitbewohnern der Erde anzusehen.

Was wir sowohl subjektiv an unserem eigenen Denken als objektiv in den Handlungen der Menschen und der anderen Tiere beobachten können, ist die Veränderlichkeit der unter gleichen äußeren Bedingungen vor sich gehenden Bewegungen, oder sonstig erkennbaren Reaktionen, je nach den Umständen, welchen das betreffende Geschöpf vorher ausgesetzt worden war. Wir wollen das Aufbewahren von Eindrücken, die Veränderung der Reaktionsbasis, nach jeder Empfindung, und auch bei anderen Tieren nach Reizperzeption, mag diese nun mit Bewußtsein oder unbewußt geschehen, als „Mneme“ bezeichnen. Der Nachweis einer solchen Mneme glückt nun nicht bloß bei den dem Menschen nahestehenden Wesen, sondern auch noch weit hinab in der Stufenreihe der Tiere.

Eine genaue Analyse dieser Erscheinung (vgl. Semon, Mneme, Leipzig, Engelmann 1904 und die mnemischen Empfindungen 1909) zeigt, daß es hiebei sich stets um ein gleiches Schema des Verlaufes handelt: wirken zwei Reize gleichzeitig oder kurz hintereinander auf ein Lebewesen ein, so hinterlassen sie Eindrücke, „Engramme“, welche zueinander in der merkwürdigen Beziehung stehen, daß bei Wiedereinwirkung des einen Reizes oder bei Wiederauftauchen des einen Engramms auch damit das andere auftaucht, „ekphoriert“ wird.

Subjektiv empfinden wir dies als „Ideenassoziation“, objektiv gibt sich uns der analoge Vorgang auch bei Tieren durch

Wiederauftreten jener Reaktion auf den ersten Reiz allein hin kund, welche vor Erwerbung der Assoziation, bloß auf die Einwirkung des zweiten hin erschienen war.

Namentlich waren es Versuche am Hunde, über den bei Annäherung der Nahrung stattfindenden Speichelfluß, welche zuerst einwandfreie Resultate geliefert hatten. Wird nämlich gleichzeitig mit der Fütterung ein bestimmtes, sich auf einen beliebigen Sinn des Hundes beziehendes Signal gegeben, so tritt der Speichelfluß bei Wiederholung dieses Signals auch auf, wenn gar kein Futter in der Nähe ist (Pawlow 1904).

Die Gewohnheiten der Tiere können auf diese Art verändert werden — im Grunde genommen geht jede Dressur auf dasselbe Prinzip hinaus — indem man die Einwirkung eines äußeren Faktors mit einer bestimmten Rezeption assoziiert, die für das Tier eine angenehme oder unangenehme Folge hat und daher das Tier zu positiver oder negativer Taxis oder zur Ausführung, respektive Unterlassung einer komplizierteren Handlung bestimmt, selbst wenn bei Wiederholung des Dressuraktes der angenehme oder unangenehme Reiz gar nicht mehr zur Anwendung kommt, sondern bloß das damit assoziierte „Signal“.

Im Gegensatze zu einigen Beobachtern, welche auf Grund zu wenig analysierter oder zu wenig oft wiederholter Versuche, nicht nur den niedersten Tieren, sondern selbst Amphibien und Insekten Mneme und Verwertung von persönlichen Erfahrungen, „Lernen“, abgesprochen hatten, konnten neuere Experimentatoren die Versuchstiere bis zu den Fischen und Krustazeen hinab neue Gewohnheiten nach dem Assoziationsschema lehren („Habitformation“).

Beim Krebse kann das „Links“gehen dadurch erzielt werden, daß er, aus einer engen Öffnung kommend, in einem Aquarium vor sich rechts eine Glaswand hat, an die er zuerst anrennt, links eine freie Passage (Cambarus offinis — Yerkes und Huggins 1903; ähnlich Carcinus granulatus — Yerkes 1902).

Bei ähnlicher Versuchsanordnung lernten Fische (Fundulus — Thorndike 1899) das Futter in einer bestimmten Ecke eines Aquariums zu suchen, auch bei Abwesenheit der vom Futter selbst ausgehenden Reize (Phoxinus — Szymanski 1911 *II*).

Axolotln, welche zuerst bis zu zwanzigmal nacheinander nach vorgehaltenem Holz schnappten, lernten dennoch nach

einiger Zeit den Anblick des Holzes mit dem Unterbleiben der erwarteten Nahrung assoziieren, indem sie es unterließen, nach dem Holze zu schnappen, wohl aber weiterhin nach vorgehaltenem Fleische schnappten (Amblystoma tigrinum — Haecker 1912).

Durch elektrische Schläge konnten Frösche gelehrt werden, einen bestimmten Weg einzuschlagen, indem sie die gefahrdrohenden Stellen vermieden (Hyla — Yerkes 1903) und Küchenschaben lernten gegen das Licht, statt wie es ihrer Natur entspricht, ins Dunkle zu wandern, wenn sie auf dem Wege in die Finsternis wiederholt von elektrischen Schlägen getroffen worden waren (Szymanski 1912).

Auf die Lernfähigkeit höherer Wirbeltiere (vgl. z. B. Schildkröten — Yerkes 1901) brauche ich hier nicht weiter einzugehen, da sie lediglich den Übergang zwischen den niederen Tieren und der lernfähigsten unter allen, nämlich dem Menschen, bilden. Wieweit andere Säugetiere und Vögel tatsächlich die Fähigkeiten des Menschen zu erreichen imstande sind, ist eine Frage, welche die allgemeine Frage der Vitalität nicht mehr berührt.

Interessant in bezug auf die Frage der Parallelität von Handlungen und anatomischer Basis ist die experimentell untersuchte Lernfähigkeit der eben geworfenen Meerschweinchen. Es zeigte sich, daß diese Neugeborenen die gleiche Lernfähigkeit aufwiesen, welche Ratten erst mit 24 Tagen erlangen. Nun kommen die Meerschweinchen in anatomischer Beziehung mit jener Ausbildung des Gehirnes zur Welt, welche die Ratten erst mit 24 Tagen erreichen (Allen 1904).

Eine Grenze, wieweit in der Tierreihe hinab die Gedächtnisfunktion in der hier als „Mneme“ bezeichneten Form reicht, läßt sich noch nicht ziehen. Möglicherweise ist sie an die Anwesenheit nervöser Organe geknüpft, vielleicht vermag aber auch das kontraktile Plasma oder eine bestimmte Zone niederster Einzelliger bereits mnemisch zu reagieren.

Manche Autoren haben die Ausdrücke Gedächtnis und Mneme in einem noch weiteren als dem hier definierten Sinne gebraucht, in dem sie jede durch Erfahrung bewirkte Veränderung der Reaktionsfähigkeit einbezogen haben. Es wird dann jede durch einmaliges Zustandekommen eines bestimmten Reaktionsverlaufes bewirkte Erleichterung im abermaligen Ablaufe dieses Prozesses zur mnemischen Erscheinung gerechnet.

Die „Bahnung“ (Siegmund Exner) bestimmter Gedankenabläufe durch Übung ist uns subjektiv ja wohl bekannt und wir bemerken objektiv, die mit der Anzahl ähnlicher Erfahrungen sich stets mehr und mehr vervollkommende Erlernung bei Menschen und anderen Tieren. Die Bahnung ist nun aber eine Eigenschaft, die keineswegs bloß bei Organismen auftritt: der Strom, welcher, zuerst durch eine Schlucht fließend, gewaltige Hindernisse findet, wird im Laufe der Jahre stets weniger und weniger Widerstand zu überwinden haben, je länger er die Hindernisse fortzuschwemmen Zeit gehabt hatte; der gestrichene Stahlstab wird immer leichter und leichter magnetisiert, je öfter das Streichen erfolgte und kann endlich dauernd magnetisch bleiben. Ich erinnere auch an einige in der Einleitung erwähnte Beispiele über „Histeresis“.

Bahnungen lassen sich auch bei den ohne Nerven ausgestatteten Einzelligen nachweisen. Je öfter ein Paramaecium an ein Stück Filtrierpapier anstößt, um so geringer wird die negative Thigmotaxis, endlich geht dieselbe sogar in positive über. Das Ausbleiben eines schädigenden Einflusses des Berührungsdruckes bahnt also der positiven Thigmotaxis den Weg (Jennings 1906). Werden einzelne Paramaecien in sehr dünne Kapillaren aufgesogen und darin weiter beobachtet, so zeigt es sich, daß ihnen anfangs die Umdrehung ihrer einmal eingeschlagenen Bewegungsrichtung Schwierigkeiten macht, so daß anfänglich mehrmals vergebliche Umkehrversuche geschehen, die Umdrehung selbst auch längere Zeit beansprucht als später (Stevenson Smith 1908). Die Möglichkeit, daß es sich hierbei um Änderung der chemischen Bedingungen, etwa durch Kohlensäureansammlung, handle, wurde in neueren Versuchen dadurch ausgeschaltet, daß dieselben Paramaecien zwischen zwei Versuchen in offene, also sauerstoffreiche Gefäße gebracht wurden. Auch nach dieser Unterbrechung zeigte sich die Umdrehungsfähigkeit sogleich etwas gegenüber dem erstmaligen Aufenthalte in der Kapillare gesteigert und namentlich die Zeit, in der die vollkommene Ausführung der Umdrehung wieder erlangt wurde, gegenüber dem ersten Male verkürzt (Day u. Bentley 1911).

Auf dem Gebiete der organischen Welt gehört außerhalb der (meist nervösen) Bewegungsreaktionen die leichtere oder schnellere Regeneration nach wiederholtem Abschnitte ein und desselben Gliedes in die Kategorie der „Bahnung“. (Beispiele

hierfür sind außer den bereits im 2. Bande der Experimental-Zoologie, Regeneration, angeführten, neuerdings von Zeleny 1909 *Effekt*, *Relation* für Medusen, Amphibien und Krustazeen, ferner von Springer 1909 und Schultz 1911 geliefert worden; das gegenteilige Resultat von Morgulis 1909 dürfte dadurch seine Erklärung finden, daß der quere Abschnitt der verwendeten Würmer in die Ernährungsverhältnisse zu stark eingreift, denn schließlich macht sich auch bei den übrigen Versuchstieren der Stoffmangel im Sinken der Regenerationsgeschwindigkeit nach zu oft wiederholter Operation bemerkbar.)

Die Bahnung bildet nun allerdings einen Teil des Assoziationsprozesses, indem durch die gleichzeitige Erregung eine Verbindung zwischen zwei früher nicht in gebahntem Konnexe gestandenen Teilen des Erinnerungsarchivs hergestellt wurde; allein es erscheint mir besser, diesen auch sonst in weitestem Umfange vorkommenden Naturvorgang nicht in die wesentliche Charakterisierung der Mneme mit einzubeziehen.

Die Regeneration selbst und die erstmalige ontogonetische Entwicklung ist ebenfalls wiederholt in Parallele zum Ablaufe von Gedankenketten gebracht worden.

Der Bildung von neuen Assoziationen würde bei der Entwicklung die Erwerbung neuer Eigenschaften und deren abermalige Reproduktion an den Nachkommen, also die „Vererbung erworbener Eigenschaften“ entsprechen. Die Vererbung selbst wäre der Komplex aller im Laufe der phylogenetischen Entwicklung der Art erworbener Engramme.

Eine neue Eigenschaft, welche zunächst bloß auf direkte Einwirkung eines äußeren Faktors hin auftritt, soll dann später bei den Nachkommen auch ohne abermaliges Auftreten des äußeren Faktors sich einstellen, bloß deshalb, weil sie mit dem betreffenden Entwicklungsstadium sich assoziiert hatte. Wir wissen noch zu wenig von dem Vererbungsvorgange und von den den Ideenassoziationen zugrunde liegenden Mechanismen, um experimentelle Beweise oder Widerlegungen dieser Ansicht vorbringen zu können.

Aus den bis jetzt vorliegenden Resultaten der experimentellen Vererbungslehre (vgl. Exp. Zool., 3. Phylogenese inklusive Heredität) und der Ontogenese (vgl. Exp. Zool., 1. Embryogenese) läßt sich wahrscheinlich machen, daß Vorhandensein oder Abwesenheit bestimmter Stoffe oder Stoffzonen für die An- oder

Abwesenheit bestimmter Eigenschaften maßgebend sind. Es wird wohl schwerlich jemand behaupten wollen, daß ein Stoff, welcher bloß in Anwesenheit eines äußeren Faktors eine gewisse Verbindung zu liefern vermag, später diese auch in Abwesenheit des äußeren Faktors zu liefern imstande sein wird, bloß weil die übrigen Umstände eine der ersten analoge Situation aufweisen.

Bei der Erwerbung neuer Eigenschaften und ihrer Vererbung handelt es sich um Veränderung der Reaktionsbasis, bei der Herstellung von Gedankenassoziationen um Veränderung von Bahnungen in dem sonst in seinen Reaktionen unverändert bleibenden Gedankenarchive.

Freilich wurde der Versuch gemacht, die Analogie derart weiter zu verfolgen, daß auch die Vererbung verschiedener Eigenschaften auf Bastarde nicht als eine völlige Trennung der elterlichen Stoffkomponenten, sondern auf eine bald dahin, bald dorthin ausschlagende Erinnerung („Dichotomie" — Semon) an die bei der Kopulation vereinigten beidelterlichen Merkmale aufgefaßt wurde. Demnach wäre die Reaktionsbasis in allen Nachkommen dieselbe und bloß die Bahnung bald nach der einen, bald nach der andern Seite verschieden.

Dieser Auffassung muß ich, trotz sonstiger Sympathie für die Verfolgung interessanter Analogien, auf Grund der früher analysierten Vererbungsversuche entschieden entgegentreten: sie sprechen alle für eine wirkliche Sonderung der elterlichen Eigenschaften in der zweiten Nachkommengeneration bei der Mendelschen Spaltung, ohne daß ein eliminiertes Merkmal ohne Wiedereinführung des bedingenden Stoffes wieder auftreten könnte.

Das periodische Auftreten von Erscheinungen, die zuerst durch eine Periode in den äußeren Faktoren hervorgerufen, später aber auch in Abwesenheit der letzteren vor sich geht, ist auch mit der Ideenassoziation verglichen worden.

So soll der kleine Strudelwurm, Convoluta roscoffensis, die Auf- und Abwärtsbewegungen, welche er im Anschlusse an die tägliche Ebbe und Flut ausführt, auch noch einige Zeit im Aquarium vornehmen (vgl. Bohn 1912). Ein weiteres Beispiel liefern Einsiedlerkrebse (Drzewina 1907). Jedoch pflegen derartige Nachwirkungen weniger ausgesprochen zu sein, als allgemein angenommen wurde, indem die mit den Tageszeiten schwankenden Farbzustände der Krebse (Megušar 1912) oder Körpertemperaturen von Säugetieren bis einschließlich der Menschen-

affen (Simpson u. Galbraith 1906) sich bei Umkehr der Belichtungszeiten auch mit umkehren lassen.

Am stärksten konservativ zeigt sich der Mensch, dessen tägliche Schwankungen der Körpertemperatur und des Herzschlages sich selbst nach langer Zeit veränderter Lebensweise nicht umkehren lassen (vgl. Schmitz 1911, Nagel, Handbuch der Physiologie 1905—1909).

Wir treffen hier auf eine Erscheinung, die bei vergleichenden Experimenten in der Tierreihe stets wiederkehrt: je weiter wir uns in der Organisationshöhe von den Einzelligen entfernen, um so unabhängiger wird das Lebewesen von den unmittelbaren Einwirkungen äußerer Faktoren (Woods 1906, 1908, 1910).

Der Körper wird gegen die unmittelbare Einwirkung isoliert, entwickelt eigene automatische Regulationsapparate zur Aufrechterhaltung optimaler Intensitäten von inneren Faktoren, er behält einen bestimmten Salzgehalt, eine bestimmte Temperatur usf. bei; der poikolotische Körper wird stenotisch (Przibram 1910 *Salzburg*). Verändern sich die äußeren Faktoren, so verändert sich die Innenwelt des Tieres nicht in gleichem Maße mit und kann daher einen lange vergangenen Zustand repräsentieren (Quinton 1904).

Einen besonderen Fall der Indifferenz des Körpers höherer Tiere gegenüber einem äußeren Eingriffe bildet das Ausbleiben der Regeneration nach Entfernung größerer Abschnitte. Der einmal ausdifferenzierte Zustand bleibt unabhängig von einem Verluste bestehen, die Verwundung löst bloß eine Verheilung zur Isolation gegen die Außenwelt, aber keine bedeutendere Verschiebung des Stoffwechselstromes aus.

Besonders schlechte Regeneratoren sind die nervösen Zentralorgane, unter ihnen das Gehirn, der Sitz unseres „Gedankenarchivs".

Bereits vor einigen Jahren habe ich (in einem bis jetzt nicht publizierten Vortrage in der Generalversammlung des Vereines Athenaeum, Wien, 11. Dezember 1906) darauf hingewiesen, daß gerade die Tiere mit bestem Regenerationsvermögen jene mit geringsten Gedächtnisfähigkeiten sind und umgekehrt.

Da die niederen und noch viele sich periodisch im ganzen häutende Tiere nicht bloß die Haut, sondern auch die übrigen Teile fortwährend auswechseln, worauf nach meiner Wachstumstheorie der Regeneration die fortdauernde Regenerationsfähigkeit

eben beruht, so liegt es mir nahe, anzunehmen, daß hierbei auch die nervösen Organe ganz verändert und in den früheren Zustand vor Erwerbung persönlicher Engramme leicht zurückversetzt werden. Daher ist die Persistenz der Engramme sehr erschwert oder ganz unmöglich gemacht. Anders bei den höheren Wirbeltieren, deren Gehirnmasse keiner wesentlichen Auswechslung unterliegt — sie verliert an Wassergehalt im Verlaufe der Ausbildung fester, bleibender Bestandteile; — hier können Engramme sich erhalten und die ganze Bahnung wird bei späterem Eintreffen neuer Engramme zur Herstellung von Assoziationen verwendet werden können.

Die Konstruktion des „Gedankenarchivs" nähert sich viel mehr einer Maschine im Sinne der von Menschen hergestellten als die Entwicklung von Lebewesen. Ja, selbst der Vorgang der Assoziation kann mittels eines maschinellen Modells veranschaulicht werden, wie sie in neuester Zeit vom Ingenieur Russell (1913) angegeben worden ist.

Diese Maschinerie ist derart konstruiert, daß zwei nacheinander empfangene Veränderungen sich miteinander assoziieren, so daß bei späterer alleiniger Einwirkung des die erste Veränderung hervorrufenden äußeren Anstoßes auch die zweite Veränderung eintritt und dabei ein anderes Signal auf diese Veränderung gegeben wird als früher.

Als Betriebskraft verwendet Russell den Druck von Wasser oder Luft. Die Frage der Energie bei den Lebewesen ist dem nächsten Kapitel vorbehalten.

Im Gegensatze zum Gedankenarchive und den übrigen funktionellen Teilen des Körpers sind die Sinnesperzeptionsorgane für die ihnen adäquaten Reize sehr empfänglich; aber die Veränderung dauert nur sehr kurz, da sofort ein Ausgleichsstrom einsetzt, der wieder den früheren Zustand herbeizuführen strebt.

Ebenso wie die Regeneration ist die Wiederherstellung der Ausgangsstimmung des Empfindungsorgans auf die Eigentümlichkeiten eines jeden stationären Stromes zurückführbar, wie wir noch am Ende des nächsten Kapitels sehen werden.

Hier soll nur darauf verwiesen sein, daß die höheren Tiere eine Trennung vornehmen zwischen jenen Organen, die leicht auf äußere Reize reagieren und leicht wieder in den Ausgangszustand zurückkehren, und jenen, welche der direkten Einwirkung

der Außenwelt entzogen sind, aber die durch Vermittlung empfangenen Eindrücke bis auf Lebenszeit zu fixieren vermögen.

Dem biogenetischen Grundgesetz entsprechend dürfen wir erwarten, daß in den Geschlechtszellen der Metazoen diese beiden Eigenschaften noch nicht getrennt sind, daß sie von Eindrücken, die sie noch durch das Soma hindurch zu erreichen imstande sind, direkt verändert werden können, aber eine Fixierung bestimmter Engramme auf Schwierigkeiten stoßen dürfte (vgl. H. Przibram, Die Umwelt des Keimplasmas, I. Das Arbeitsprogramm, A. f. Entw.-Mech. XXXIII, 666, 1912, und die folgenden Aufsätze von verschiedenen Autoren).

„Obzwar das Aufbewahren von Eindrücken für die Lebewesen in hohem Grade charakteristisch ist, so läßt sich doch weder die Bewahrung selbst noch die hierauf beruhende Veränderung des Verhaltens bei Wiederkehr ähnlicher äußerer Konstellationen als ein durchgreifender Unterschied gegenüber der leblosen Welt bezeichnen."

Kapitel IX.

Energie (Kraftwechsel).

Unter Energie ist die Arbeitsfähigkeit eines Systems zu verstehen. Diese Arbeit kann entweder nach außen geleistet werden, wobei das System an Arbeitsfähigkeit um denselben Betrag abnimmt, oder es kann Arbeit an einem System verrichtet werden, wobei dieses System den gleichen Betrag an Arbeitsfähigkeit gewinnt.

Der erste energetische Hauptsatz, die Erhaltung der Energie, besagt außerdem noch, daß bei der Umwandlung einer Energieform in eine andere bestimmte Quantitäten der einen Energie in äquivalente Mengen der andern Energie übergehen, wobei die Äquivalenzeinheit zwischen denselben zwei Energieformen stets unverändert bleibt.

Der zweite energetische Hauptsatz besagt weiterhin, daß bei jeder Arbeitsleistung, auch bei der Umwandlung der Energie-

formen, wenigstens ein Teil der Energie in eine Energieform geringeren Wirkungsgrades, d. i. geringerer Arbeitsfähigkeit für die Raumeinheit, übergeht, wobei die Wärme als Energie geringsten Wirkungsgrades anzusehen ist. Damit soll aber keineswegs gesagt sein, daß nicht die Energie geringeren Wirkungsgrades wieder teilweise in Energie höheren Wirkungsgrades umgewandelt werden kann.

Gerade bei der Wärme ist es bekannt, daß sie bei energetischen Vorgängen sich in andere wirkungsfähigere Energiearten umsetzt; man nennt die Aufnahme von Wärme mit ihrer Umwandlung in eine andere Art Arbeitsfähigkeit einen endothermen Prozeß, umgekehrt die Abgabe von Wärme durch Umwandlung aus einer anderen Energieform einen exothermen.

Endotherme Prozesse sind im allgemeinen alle jene, bei welchen es sich um die Trennung der kleinsten Teilchen, Moleküle, Atome, Ionen voneinander handelt, wobei die verschwindende Wärme zur Erhöhung der lebendigen Kraft der durcheinanderwirbelnden Teilchen verwendet wird.

Exotherme Prozesse sind umgekehrt solche, bei denen zur Hervorbringung von bestimmten Verknüpfungen durch kinetische, chemische oder andere Energie Arbeit nach außen geleistet werden mußte, die sich hiebei in Wärme zerstreut.

Endotherme Prozesse sind demgemäß im besonderen:

1. Die Verdampfung, welche einen flüssigen in einen gasförmigen Zustand überführt;
2. die Schmelze, welche einen festen in einen flüssigen Zustand verwandelt, ohne Temperaturerhöhung des Systems herbeizuführen (in der Umgebung des Systems muß bei beschränkter Wärmezufuhr Temperaturerniedrigung eintreten);
3. die Glasbildung aus kristallinischen Stoffen;
4. die Entquellung der Kolloide, z. B. Kochsalzüberguß gewässerter Gelatine (Wiedemann und Lüdeking 1885);
5. die Lösung nicht hydratbildender Stoffe oder der Hydrate selbst;
6. die Spaltung von Verbindungen, namentlich Reduktion;
7. die Dilatation durch Ausdehnung bei gleichbleibender Außentemperatur.

Exotherme Prozesse sind dagegen folgende:

1. Die Kondensation von Gasen zu Flüssigkeiten, einschließlich der Absorption von Gasen anderen Stoffes;
2. die Erstarrung von Flüssigkeiten zu festen Körpern;
3. die Kristallisation; bei der Umwandlung amorpher fester Körper zu Kristallen wird Wärme nach außen abgegeben; zur Formbildung der Kristalle ist auch Arbeit außer der Erstarrungsarbeit erforderlich;
4. die Quellung der Kolloide, bei der es sich wahrscheinlich um eine bestimmte Einordnung von Wassermolekülen als Molekularhüllen handelt (Wiedemann und Lüdeking 1885);
5. die Mischung von Flüssigkeiten mit Wasser unter Hydratbildung;
6. die Verbindung chemischer Stoffe, namentlich Oxydation;
7. die Kompression durch Druck bei gleichbleibender Außentemperatur.

Bei vielen Vorgängen sind endo- und exotherme Prozesse derart intim miteinander verknüpft, daß die zeitliche Trennung nur schwer gelingt und dann bloß die algebraische Summe beider Quantitäten zum Vorschein kommt. Auf solche Art entstehen scheinbare Ausnahmen von den eben angeführten Reihen:

a) Die Lösung von Salzen, welche mit dem Lösungsmittel, gewöhnlich Wasser („Hydratation"), Verbindungen eingehen, erscheint exotherm, weil die freiwerdenden Verbindungswärmen größer sind als die erforderliche Lösungswärme (J. Thomsen ct. nach Vaubel 1903).

b) Die Lösung von trockenen Kolloiden besteht aus zwei Prozessen, der exothermen Hydratation und der endothermen Lösung; der Ausfall der in Erscheinung tretenden algebraischen Summe kann ein wechselnder sein (Wiedemann und Lüdeking 1885).

c) Verbindungen von kohlenstoffhaltigen Substanzen erscheinen oft unter Wärmeaufnahme; wahrscheinlich setzt sich der Vorgang aus zwei Prozessen zusammen, erstens der mit Wärmeaufnahme verbundenen Spaltung der kohlenstoffhaltigen Moleküle und zweitens der Herstellung der als Reaktionsprodukt erscheinenden Kohlenstoffverbindung, wozu

weniger Wärme nach außen verbraucht wird, als zuvor zur Spaltung aufgenommen worden war, daher die Wärmeabgabe von der Wärmeaufnahme überdeckt wird (Vaubel 1900, 1903).

Verfolgen wir nun die Entwicklung eines Tieres vom Ei bis zu dem als Bewegungsmaschine funktionierenden arterwachsenen Stadium unter Berücksichtigung der uns bekannten Energiewanderungen und ihrer Wärmetönungen, so können wir folgendes Bild entwerfen:

Die Befruchtung des Eies, mag dieselbe durch Besamung oder mittels künstlicher Einflüsse geschehen, erscheint zunächst als Wasserentzug (vgl. Exp. Zool. 1. Embryogenese, Kap. I m. Lit.; ferner Delâge 1912, Greeley 1903, Harvey 1910). Daß tatsächlich keine spezifische chemische Einwirkung notwendig ist, beweisen namentlich die neuesten Versuche an Froscheiern, wo der Anstich mit einer Nadel als Entwicklungsanstoß genügt und die Embryonen bis über die Metamorphose aufgezogen werden konnten (Bataillon 1910, Brachet 1911, Dehorne 1910 u. a.).

Die Wasserabgabe aus dem Eiinnern in den Perivitellinraum, bei Seeigeln (Loeb vgl. Exp. Zool I) und Fröschen (Bialaszewicz 1908) direkt als Folge der Befruchtung zu beobachten, wird als eine Entquellung der Embryonalsubstanz anzusehen sein. Dafür spricht auch die nun folgende Ausbildung der Chromosomen, welche aus dem gequollenen Zustand in deutlich abgegrenzte Formen übergehen und schließlich wie feste Stoffe sich spalten (vgl. Della Valle 1912), ein Vorgang, der sich später rhythmisch wiederholt.

Als Entquellungsprozeß sollte also die erste Entwicklung endotherm verlaufen. Während hierüber meines Wissens an Eiern von Seeigeln und Fröschen keine direkten kalorimetrischen Messungen vorliegen, verläuft die erste Entwicklung zur Bebrütung gegebener Vogeleier tatsächlich endotherm, wie viele Beobachter übereinstimmend angeben (Huhn — d'Arsonval 1881, Dareste 1889, Moitessier 1872) oder wenigstens nicht exotherm (Strauß — Merlato 1889). Gleichzeitig mit der Entquellung wird die Durchgängigkeit des Eies für verschiedene Stoffe gesteigert, und zwar sowohl für Elektrolyte, wie sich unter anderem an der zunehmenden Leitfähigkeit bei Beginn der Entwicklung von Seeigeleiern (Arbacia — Mc Clendon 1910) ergibt, als

auch namentlich von Sauerstoff, indem die Sauerstoffaufnahme befruchteter Eier wesentlich größer ist als die unbefruchteter (Loeb und Wasteneys, Warburg, vgl. Kap. V, 1).

Der erhöhte Sauerstoffzutritt muß aber die Oxydation im Innern des Eies erhöhen, also die bis dahin sehr geringen exothermen Prozesse steigern und endlich ihnen das Übergewicht verleihen. Tatsächlich ist die Entwicklung, abgesehen von der allerersten Zeit, stets im großen ganzen ein exothermer Prozeß. Beim Hühnchen ist vom 3. Tage der Bebrütung an die größere Wärme des befruchteten, lebendigen Eies gegenüber dem toten zu konstatieren; die Übertemperatur bei gleicher Außentemperatur beträgt im Mittel 0·33° C für das befruchtete Ei (Bärensprung 1851, Preyer 1885).

Da im unbefruchteten Ei auch Oxydationen vor sich gehen, wenn gleich in geringerem Maße als im befruchteten Ei, so sind von Anfang exotherme Prozesse vorhanden, welche durch Einwirkung oxydationsbegünstigender Substanzen, z. B. Chlornatrium, so weit erhöht werden können, daß sie einen schädlichen, an die Verbrennung erinnernden Zerstörungsgrad der Oxydation bewirken; durch Zusatz von oxydationshemmenden Substanzen, z. B. Zyankalium, kann der ursprünglich geringe Oxydationsgrad aufrechterhalten werden (vgl. Loeb, Kap. V, 1).

Im befruchteten Ei wirkt die Oxydationserhöhung jedoch nicht destruktiv; es bedarf also das Ei zur Entwicklung einer mit der Befruchtung gegebenen Veränderung, welche die Oxydationsvorgänge in „richtige Bahnen“ lenkt (ebenda). Ich möchte es wagen, eine bestimmtere Anschauung, gestützt auf die erläuterten thermodynamischen Begleiterscheinungen, vorzuschlagen: die Entquellung als endothermer Vorgang wird imstande sein, einen Teil jener Wärme zu binden, die von der exothermen Oxydation geliefert wird; möglicherweise kommt es deshalb nicht zum schädlichen Grade der Oxydation. Es würde sozusagen die „Entzündungstemperatur“ nicht erreicht werden, welche zur Auslösung der heftigeren Verbrennung notwendig wäre. Im unbefruchteten, von keinem endothermen Prozesse beherrschten Ei würde diese aber bald erreicht und damit die fehlerhafte Oxydationsbahn eingeschlagen sein.

Allgemeine Temperaturerniedrigung wirkt, wie bekannt, verzögernd auf das Absterben der Eier, Temperaturerhöhung beschleunigend, was mit der vorgeschlagenen Anschauung in

Übereinstimmung steht. Wird das befruchtete Ei einem oxydationserleichternden Stoff, etwa Chlornatrium, ausgesetzt, so wird wieder ein gefährlicher „Entzündungsgrad“ erreicht und die Eier gehen zugrunde; umgekehrt wird Zyankalium das Leben der Eier vernichten, solange seinem reduzierenden Einflusse keine entsprechende Oxydation gegenübersteht. Wir verstehen jetzt besser die notwendig antagonistische Wirkung verschiedener Substanzen für die Erhaltung des Lebens im allgemeinen (vgl. Kap. V).

Ist einmal das Ei in jene Periode seiner Entwicklung eingetreten, die vorwiegend oxydativ verläuft, so ist die Gefahr fehlerhafter Oxydation verringert, da jetzt für den normalen Entwicklungsverlauf eine große Menge Sauerstoff gebraucht wird, und zahlreiche energie- und wärmebeladene Abfallprodukte das Ei verlassen. Vor allem gibt jetzt das Ei in steigenden Mengen Kohlensäure nach außen ab und verliert dadurch fortgesetzt an Energievorrat. Diese Kohlensäureausscheidung läßt sich direkt messen, sie steigt z. B. beim Hühnerei vom 13. Tag mit 0·24 *g* für ein 50 *g* schweres Ei bis auf 0·86 *g* am 21. Tag oder letzten Bebrütungstage.

Im Gegensatze hierzu nimmt die Kohlensäureproduktion im unentwickelten Ei kaum zu, sie beträgt am 13. Tage 0·14, am 21. Tage 0·16 *g* für je 50 *g* Eigewicht (Preyer 1885).

Nun erleidet jedoch das unbefruchtete Hühnerei einen viel größeren Verlust durch Wasserverdunstung als das befruchtete, so daß der Gesamtverlust des befruchteten Eies bis zum letzten Bebrütungstage fast gleich ist dem unbefruchteter bebrüteter Eier (Prévost u. Dumas 1825); bloß in der allerletzten Brütezeit überwiegt der Gewichtsverlust bebrüteter Eier um 1% jenen unbebrüteter (Pott u. Preyer 1882, Preyer 1885).

Der osmotische Druck des Hühnereies im Ovarium ist kleiner als der der Henne; er nimmt bis zum 6. Bebrütungstage fast um $^1/_5$ ab, dann aber beständig zu, so daß er mit 18 Tagen gleich dem des Huhnes ist (Białaszewicz 1912). Daher kann das bebrütete Ei mehr Wasser zurückhalten als das unbebrütete. Im Froschei fällt der osmotische Druck auf $^1/_4$ bis zum Ausschlüpfen der Larven, während der Wassergehalt steigt (Baudrimont u. St. Ange 1847); dann steigt der osmotische Druck rasch auf die Größe, welche der arterwachsene Frosch aufweist, während der Wassergehalt sinkt; bei Bildung des Eies sinkt der osmotische Druck etwas ab (Backmann u. Runn-

ström 1909, Białaszewicz 1912). Der Wassergehalt des Ovarialeies sinkt bei der Ringelnatter ebenfalls auf 48%, nachdem er vorübergehend auf 81 bis 90% gestiegen war (Sommer und Wetzel 1904).

Alle sich entwickelnden Eier erfahren eine Gewichtsabnahme (Huhn, Gallus domesticus, $^1/_7$ bis $^1/_6$ des Gewichtes — Baudrimont u. St. Ange 1846, 1847, Bohr u. Hasselbalch 1909, Copineau 1780, Dareste 1861, Falck 1857, Hasselbalch 1900, St. Hilaire 1820, Liebermann 1888, Pott u. Preyer 1882, Prout 1822, Sacc 1847, Tangl 1903; Sperling, Passer domesticus — Tangl 1903; graue Eidechse, Lacerta?, Halsbandnatter, Coluber?, Gartenschnecke, Helix hortensis — Baudrimont u. St. Ange 1847; Schlammspitzschnecke, Limnaeus stagnalis — Burdach 1853; Kärpfling, Fundulus parvipinnis — Ritter u. Bailey 1908; Forelle, Trutta fario — Tangl u. Farkas 1904; Seidenspinner, Bombyx mori — Farkas 1903, Kellner 1884, Tichomiroff 1885). Diese Abnahme ist hauptsächlich auf Kohlensäureabgabe zu setzen, weniger auf Wasserabgabe. Befruchtete Eier des Seidenspinners nehmen bei 0° in feuchter Luft sogar an Gewicht zu, während bei 9 bis 14° C die Abnahme auch geringer ist in feuchter als in trockener Luft (Luciani u. Piutti 1888).

Um die zur Entwicklung der Tiere notwendigen chemischen Verbindungen herzustellen und die Form der Organe auszubilden, wird nicht bloß Stoff, sondern auch Arbeitsvorrat verbraucht, welch letzterer in Form von Wärme den Organismus verläßt.

Zieht man jene Stoffe des unentwickelten und des entwickelten Eies in Betracht, welche durch ihre Verbrennung Energie für die Entwicklung zu liefern imstande sind, das sind die Trockensubstanzen, so kann die während der Entwicklung verbrauchte chemische Energie gemessen werden, indem man die bei der Verbrennung des entwickelten Embryos erhaltenen Kalorienmengen abzieht von der durch Verbrennung des unentwickelten Eies erhaltenen Kalorienmenge.

Auf diese Art erhält man die „Entwicklungsarbeit“ (Tangl). In den untersuchten Fällen, welche so ausgewählt sind, daß eine Zufuhr chemischer Energie von außen nicht statthat (wie dies bei den Embryonen der Säugetiere unvermeidlich wäre), ergibt sich auf das klarste der Nachweis eines Verlustes an chemischer

Energie während der Entwicklung von Eiern, die ihren Dottervorrat aufbrauchen. Im unbebrüteten Sperlingsei sind 0·626 *g* Trockensubstanz mit 3067 cal. chemischer Energie enthalten, am Ende der Bebrütung 0·528 *g* mit 2312 cal., mithin wurden zur Entwicklungsarbeit 0·098 *g* und 755 cal. verbraucht oder in mechanischem Äquivalent ausgedrückt 322 *mkg*. Das unbebrütete Hühnerei enthält 13 *g* Trockensubstanz mit 91000 cal., das erbrütete $11^1/_2$ *g* mit 75000 cal., mithin ist die Entwicklungsarbeit 16000 cal. oder 6830 *mgk*. Auf 1 *g* Embryo berechnet ist für beide Vogelarten diese „relative“ Entwicklungsarbeit annähernd gleich, nämlich 658 cal., oder für 1 *g* Trockensubstanz die „spezifische“ Entwicklungsarbeit 3246 cal. ebenfalls gleich (Tangl 1903; für das Huhn wird später auch 23000 cal., 805 rel., 3600 spezifische Entwicklungsarbeit angegeben — Tangl u. Mituch 1908). Vor der Bebrütung enthielten 518 Eier der Forelle, Salmo fario, 15·49 *g* Trockensubstanz mit 99850 cal., nach der Bebrütung 15·08 *g* mit 96390 cal., hatten demnach 0·41 *g* mit 3460 cal. verloren und die spezifische Entwicklungsarbeit betrug 222 cal. (Tangl u. Farkas 1904).

Ein unbebrütetes Ei des Seidenspinners, Bombyx mori, wiegt im Durchschnitt aus 47360 Stück 0·697 *mg*, eine eben geschlüpfte Raupe im Mittel aus 42226 Stück 0·463 *mg*. Der Energiegehalt von 33 *g* Eiern beträgt vor der Bebrütung 71400 cal., nach dem Ausschlüpfen in Raupen und Rückständen 54170 cal., mithin wurden zur Entwicklungsarbeit 17230 cal. verwendet, oder zur Entwicklung einer Raupe 408 cal = 0·174 *mkg*; die relative Entwicklungsarbeit für 1 *g* beträgt 882 cal., die spezifische Entwicklungsarbeit für 1 *g* Trockensubstanz 31·25 cal.

Außer der Embryonalentwicklung verläuft auch die Umbildung der verpuppungsreifen Larven zur Puppe und der Puppe zur Imago der Insekten ohne äußere Stoffzufuhr (Sauerstoff ausgenommen). Das Gewicht der spinnreifen Seidenspinnerraupe beträgt durchschnittlich 2726 *mg* mit 3136 cal., das Gewicht der gebideten Puppe 1314 *mg* mit 2720 cal., verbraucht werden 416 cal., oder relativ für 1 *g* 317 cal., spezifisch für 1 *g* Trockensubstanz 1429 cal.

Während der Metamorphose nimmt das Gewicht weiter bis 788 *mg* Schmetterlingsgewicht ab mit 37 cal. Energiegehalt, der Verbrauch zur Entwicklung der Imago aus der Puppe beträgt also 379 cal., oder relativ 481, spezifisch 1962 cal. (Farkas 1903).

Das Gewicht der verpuppungsreifen, hungernden Fliegenmaden von Ophyra cadaverina beträgt 10·84 *mg* mit 28·38 cal., jenes der Puppe 7·835 *mg* mit 24·66 cal., mithin der Gewichtsverlust 3 *mg* und der Energieverbrauch 3·72 cal., oder die relative Umbildungsarbeit der Made zur Puppe für 1 *g* 467 cal., spezifisch 1157 cal. Die geschlüpfte Fliege wiegt 7·32 *mg* mit 20·84 cal. Energiegehalt, mithin wurden zu ihrer Ausbildung aus der Puppe 0·515 *mg* mit 3·82 cal. oder relativ 523, spezifisch 1566 cal. verbraucht

Auf einen Tag Larvenperiode entfallen bei Ophyra 67, bei Bombyx 63 cal., auf einen Tag Puppenperiode 39 respektive 35 cal. spezifische Entwicklungsarbeit, da die Entwicklungszeit von Bombyx zu jener von Ophyra sich in den Versuchen wie 5 gegen 7 verhielt (Tangl 1909 *VI*).

Ähnliche Werte lieferte eine andere Fliege, Calliphora (Weinland 1906).

Die ausgeschlüpfte, hungernde Fliege verbraucht für ihre Bewegungen täglich mehr Kalorien pro Gramm, als sie zur Umbildungsarbeit in der Puppe benötigt hatte, und analog verhält sich die hungernde Seidenraupe nach dem Verlassen des Eies bezüglich des Verhältnisses der Erhaltungs- zur Entwicklungsarbeit (Tangl 1909 *VII*).

Die zur Ausführung der Bewegungen benötigte Energie, welche sich am Ende der Bewegung größtenteils in Wärme umsetzt, läßt sich direkt in Zimmern messen, deren Wärmezu- und -abfuhr genau geregelt ist. Hierbei ließ sich genau kontrollieren, daß tatsächlich die in den Speisen zugeführten Energiemengen sich nach dem ersten Hauptsatze in äquivalente Mengen von Bewegung und endlich Wärme umsetzen lassen, insofern kein Wachstum mit Gewichtszunahme stattfindet. Derartige Versuche sind in großem Maßstabe am Menschen und anderen Säugetieren durchgeführt worden. Die direkte Verbrennung einer der zugeführten analogen Nahrungsmenge in einem Bombenkalorimeter ergab, verglichen mit der Wärmeabnahme, welche aus dem Stoffwechselversuche schließlich sich konstatieren ließ, bloß einen Fehler unter 0·001 (Atwater 1904).

Es geht daraus hervor, daß für die Berechnung einer besonderen „physiologischen“ Energie keine Anhaltspunkte gegeben sind, jedenfalls müßte der Umwandlungsvorgang stets so vor sich gehen, daß die chemische Energie in physiologische und diese

dann wieder in mechanische und Wärme umgewandelt würde. Es wäre möglich, daß gewisse im Körper vor sich gehende Dissimilationsprozesse derart endotherm unter Verwandlung der Wärme in „Formbildungsenergie“ verlaufen, daß dann bei der Assimilation, welche unter Formausbildung exotherm vor sich geht, wieder die gleiche Menge „Formbildungsenergie“ in Wärme sich umwandelt, was in der Gesamtbilanz nicht zum Ausdruck käme. Es läßt sich jedoch nichts dafür anführen, daß diese Formbildungsenergie mit einer eventuellen nervösen oder gar psychischen Energie als physiologische Energie identifiziert werden müßte. Die nervösen Vorgänge stellen sich der Größenordnung ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach als Diffusionsströme dar (Lasareff 1910); auch läßt sich der Verlauf der nervösen Reaktionen am besten nach dem Schema eines Energiereservoirs verstehen, von dem aus Ströme mit verschiedenem Gefälle und verschiedener Breite ausgehen (v. Uexküll, Jordan, vgl. Matula 1911).

Hingegen haben die begleitenden elektrischen Erscheinungen nichts mit dem Wesen der Nervenleitung selbst zu tun, da die Geschwindigkeit der elektrischen Ströme weitaus jene der Nervenleitung übersteigt, ja von ganz anderer Größenordnung ist.

Verschiedenheiten im elektrischen Potentiale treten fast überall auf, wo eine kontinuierliche Bildung plötzlich unterbrochen wird, und verschwinden wieder mit der Wiederherstellung des ursprünglichen Gleichgewichtszustandes; dies gilt ebenso für die Nervenerregung nach Durchschneidung oder sonstige Reizung wie für Verwundung und Regeneration. Meines Erachtens läßt sich daher der elektrische Strom ebensowenig für die Nervenerregung als für die Formbildung verantwortlich machen, wie letzteres neuerdings — ausgehend von Versuchen am regenerierenden Entenschnabel (Herlitzka 1910) — geschehen ist.

Das Entstehen solcher Ströme ist durch den Fortschritt der Kolloidchemie verständlich gemacht und experimentell nachgeahmt worden.

„Ein Säureeiweiß enthält große, schwer bewegliche positive Proteïnionen neben den leicht wandernden Säureionen. Lassen wir es also gegen ein indifferentes Lösungsmittel, wie Wasser grenzen, so wird das Eiweiß eine positive Ladung annehmen, während das angrenzende Medium durch die vorauseilenden Säureionen aufgeladen wird. Säure und Säureeiweiß verhalten

sich also gegen das gleiche neutrale Substrat invers in bezug auf das Vorzeichen der übertragenen Ladung."

„Die Verstärkung der elektromotorischen Kraft einer einfachen Säurekette durch die Kombination mit Säureeiweiß kann mehrere hundert Prozente betragen und entspricht unter den im Organismus möglichen Verhältnissen den Kräften der Aktions- und Demarkationsströme. Schon ein mäßiger Eiweißgehalt, wie dies am dreiprozentigen Glutin zu erkennen ist, macht recht hohe und konstante Werte bei Wasserstoffionen-Konzentrationen von 10^{-2}."

„Aus den bisherigen Ausführungen tritt das Bild von selbst hervor, das wir uns von dem Zustandekommen der elektromotorischen Kräfte im tätigen Muskel machen können. Es wäre darin das Säureeiweiß der Muskelfibrille, die Säureschichte dem Sarkoplasma, die Gewebsflüssigkeit der Kombination von Säureeiweiß und Neutralsalz analog. In dieser Zusammenstellung ist nun die stillschweigende Annahme enthalten, daß die Fibrillen ein salzionenarmes Eiweiß enthalten. Schon die Analysen sprechen in diesem Sinne." Mit dem Eintritt von Milchsäure in die Fibrille erfolgt zugleich eine Quellung der doppelt brechenden Substanz derselben unter Verkürzung. Die sich ergebenden Kräfte genügen zur Bestreitung der mechanischen Leistung des Muskels (Pauli 1912).

Die chemische Energie, welche bei der Bewegung und ebenfalls beim Ersatz abgenützter Teile oder der Vergrößerung des Körpergewichtes beim Wachstum (vgl. u. a. Rubner 1900, 1908, Friedenthal 1911) verbraucht wird, findet bei den Tieren fortwährenden Ersatz durch die Nahrungszufuhr von außen. Auf diese Art vermag das Tier trotz erlittener Energieverluste neue Energie heranzuziehen, ohne daß der erste Hauptsatz, die Erhaltung der Energie, oder der zweite, ihre Zerstreuung zur Wärme betreffend, irgendwie ihre Gültigkeit einbüßen würden.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß die von den grünen Pflanzen unter Aufnahme der strahlenden Energie des Sonnenlichtes vor sich gehenden Spaltungsprozesse der Kohlensäure keineswegs dem zweiten Hauptsatz widerstreiten, da die Lichtenergie auch bei ihrer Umwandlung in chemische Energie eine Zerstreuung erfährt, indem stets auch exotherme Prozesse in der Pflanze mitverlaufen. Ebenso wie die Formbildung der Tiere ist

auch jene der Pflanzen hauptsächlich exotherm und bloß die vorbereitende Spaltung der Stoffvorräte verläuft unter Energieaufnahme.

In neuester Zeit ist übrigens die Anschauung geäußert worden, daß die auf der Erde eintretende Energiezerstreuung, die sogenannte „Entropie“, nicht auch für alle anderen Weltsysteme Gültigkeit habe, sondern daß sie sich nur als Spezialfall für den von einer kälteren Zone umgebenen wärmeren Körper darstelle. Im umgekehrten Falle würde also ein kälteres System in wärmerer Umgebung mit „Ektropie“ reagieren können.

Die Umkehr des zweiten Hauptsatzes wäre demnach nicht einmal eine wunderbare Sache, sondern eine Frage der Gleichgewichtsverschiebungen.

Das Gesetz des Ausgleiches von Potentialdifferenzen in zwei miteinander verknüpften Systemen oder Körpern ist von ganz allgemeiner Gültigkeit: stets fließt die Energie von Stellen höheren Potentiales zu solchen niedrigeren ab, und zwar ist die Geschwindigkeit des Ausgleiches der Größe der Potentialdifferenz proportional.

Wir finden dieses Gesetz, welches bereits Newton für die Temperatur aufgestellt hat, bei allen Strömen wieder und unter anderen auch beim Stoffwechselstrome, der das Wachstum erzeugt, der die Nervenreservoire der Tiere speist und überhaupt das Leben erhält.

Je größer die Gleichgewichtsstörung, um so rascher erfolgt der Ersatz — falls eine Energiezufuhr möglich ist! — das gilt für den Stoffansatz nach Hunger (Ratte und Diemyctilus — Morgulis 1911, Triton — Morgulis 1912, Canis, Homo — Rubner 1908), wie für die Reaktion auf eine unangenehme Empfindung, wie für die Beschleunigung des Wachstums nach Entfernung von Körperteilen (vgl. Exp. Zool. 2. Regeneration), wie überhaupt für das Ansteigen der Widerstandsfähigkeit nach erlittenem Ungemach, „Gewöhnung“ und „Anpassung“, welche alle Funktionen begleiten und noch im letzten Bande vorliegenden Werkes zu besprechen sein werden.

Die selbsttätige Wiederherstellung des Gleichgewichtes erscheint uns an den Lebewesen in hohem Grade zweckmäßig, „teleologisch“.

Allein wenn der früher angenommene „horror vacui“, der Abscheu vor der Leere, welche das Wasser in den artesischen

Brunnen hinaufziehen sollte, nunmehr als die Herstellung eines Gleichgewichtes im Druck experimentell entlarvt worden ist, warum sollte es nicht auch gelingen, die anscheinend auf einen Zweck gerichtete Organisation der Lebewesen endlich im ganzen als einen komplizierten Gleichgewichtszustand zu erkennen, denselben energetischen und kinematischen Gesetzen untertan wie die Vorgänge der anorganischen Natur (Przibram 1911 *Frankfurt*)?

Eine starke Stütze erfährt diese Gedankenrichtung durch den in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten geführten Nachweis, daß die Geschwindigkeit aller Lebensprozesse von der Temperatur in derselben Weise beeinflußt wird wie die der chemischen und einiger anderer, verwandter Vorgänge in der leblosen Natur. Es steigt nämlich die Geschwindigkeit innerhalb jener Temperaturgrade, in welchen keine kritischen Umwandlungspunkte der betreffenden Körperzustände liegen, den sogenannten „Behaglichkeitsgrenzen", für je 10 Grade Celsius auf das Zwei- bis Dreifache ihres Wertes (Regel von Vant' Hoff).

(Bezüglich der Literatur sei auf Kanitz 1907 *RGT*, Snyder 1908 und Przibram 1908 *Mathematik* verwiesen; eine ausführliche Zusammenstellung unter Berücksichtigung aller Daten aus den verschiedenen unorganischen und organischen Gebieten werde ich demnächst an anderer Stelle publizieren.)

In bezug auf Vorgänge, welche den Tierkörper betreffen, seien hier bloß die folgenden erwähnt, welche bereits publiziert worden sind:

Verdauung außerhalb (Herzog 1904) und im Tierkörper (Amia, Rana, Necturus, Emydoïdea — Riddle 1909);

Kohlensäureausscheidung (Lumbricus — Konopacki 1907, Hirudo — Pütter 1907, Rana und Lepus cuniculus — Abegg 1905 nach Versuchen von Schulz 1877 resp. Pflüger 1878 berechnet);

Rhythmus pulsierender Vakuolen (Euplotes, Stylonichia, Chilodon, ferner Glaucoma — Kanitz 1907 nach Versuchen von Rossbach 1872 resp. Degen 1905);

Teilungsrhythmus (Actinosphaerium — Borowsky 1910, Paramaecium — Woodruff u. Baitsell 1911);

Eireifung durch künstliche Mittel (Lottia — Loeb 1905 *Lottia*); Parthenogenese durch künstliche Mittel (Strongylocentrotus — Loeb 1906 *Oxygen*);

Furchungs- und Entwicklungsgeschwindigkeit (Echinidae — R. Hertwig 1908, Strongylocentrotus — Loeb 1908 *Lebensdauer*, auch Arbacia — Loeb u. Wasteneys 1911, Sphaerechinus, Echinus — Peter 1906, Rana — Peter 1906 nach Versuchen von O. Hertwig 1898, Białaszewicz 1908, Pisces — Herzog 1905 nach Versuchen verschiedener Autoren).

Entwicklungs-, Wachstums- und Bewegungsgeschwindigkeit (Sphodromantis — H. Przibram 1909);

Regenerationsgeschwindigkeit (Tubularia — Moore 1910);

Herzschlag (Tubifex, Nereïs, Fundulus — Rogers 1911, Ceriodaphnia — Robertson 1906, Phyllirrhoë, Maja — Snyder 1906, Rana — Snyder 1907 *Frosch*, Clemmys — Snyder 1905, Lepus cuniculus — Kanitz 1907 *Frequenz* nach Versuchen von Frank 1907, Snyder 1907 *Frosch* nach Versuchen von Langendorff u. Lehman 1006);

Rhythmik anderer Muskeln (Rana — Burnett 1906, Woolley 1908, Filon 1911, ferner Snyder 1908 nach Versuchen von Sanderson 1898, Yeo u. Cash 1883, Yeo 1888, Stewart 1901; Mammalia — Snyder 1907 *glatter*, Snyder 1908 nach Versuchen von Magnus 1904);

Nervenleitung (Ariolimax — Maxwell 1908, Esox, Rana — Snyder 1907 nach Versuchen von Nicolai 1901 resp. Miram 1906, Rana — Lucas 1908);

Athmungsrhythmus (Libellulidae — Babák u. Roček 1909, Trutta — Babák 1912, Rana — Pari 1906, Robertson 1908).

„Die Energiegesetze der Physik finden auch auf die Organismen vollkommene Anwendung; ob außer den uns aus der anorganischen Welt bekannten Energieformen noch andere, physiologische, psychische oder vitale am Energiewechsel teilnehmen, kann gegenwärtig noch nicht entschieden werden."

Im allgemeinen läßt sich über das Problem des Lebens aussagen, daß wir nicht imstande sind, andere Unterscheidungsmerkmale zwischen Organismen und Anorganischem ausfindig zu machen, als den komplizierteren Bau der ersteren, welcher sie zu Leistungen befähigt, die den Eindruck hoher Zweckmäßigkeit

machen. Doch kommt es offenbar bei der Annahme einer Zweckmäßigkeit sehr auf den Standpunkt an, von dem aus der Vorgang betrachtet wird: es erscheint uns zweckmäßig, wenn das Tier seine Form durch Regeneration wiederherstellt; ist es weniger zweckmäßig, wenn der Kristall dasselbe tut?

Hat der Mensch nicht in früheren Zeiten alle „Zweckmäßigkeit“ in der Natur als eine für ihn erschaffene angesehen und dabei Zweckmäßigkeiten zu erkennen geglaubt, über die wir jetzt lächeln?

Gibt es nicht anderseits in der anorganischen Welt so merkwürdige Anomalien, wie das Ausdehnungsminimum des Wassers bei 4° C, welches für die Erhaltung einer wärmeren Wasserschichte unter dem leichteren Eise verantwortlich ist und allen Süßwasserorganismen das Überdauern des Winters in äußerst „zweckmäßiger“ Weise gestattet?

Der Umfang des Zweckmäßigen muß außerordentlich wechseln, je nach dem Objekte, in dessen Interesse, und je nach dem Subjekte, in dessen Willen der Zweck gelegen sein soll.

Auf dieses philosophisch-erkenntniskritische Gebiet will ich mich hier, in einem Bande der Experimental-Zoologie, nicht weiter einlassen. Es dürfte der Standpunkt genügend angedeutet sein, welcher sich aus dem Gesagten ergibt: daß sich nämlich auch in der Zweckmäßigkeit kein unterscheidendes Merkmal zwischen Leben und Leblosem finden läßt, außer man wechselt fortwährend zwischen Subjekt und Objekt.

Brauche ich noch hinzuzufügen, daß in unseren subjektiven Empfindungen, in unserer Seele, kein trennendes Moment gegenüber der anorganischen Welt sich finden läßt, weil wir weder über analoge Empfindungen anderer Menschen, noch weniger anderer Tierarten und am allerwenigsten der von uns als leblos bezeichneten Körper etwas unmittelbares, nicht bloß aus den Reaktionen Erschlossenes zu erfahren imstande sind?

Literatur.

(Theoretische Schriften allgemeiner Natur sind nicht aufgenommen worden.)

I. Neuere Handbücher über Vitalität, welche Versuche berücksichtigen.

Davenport Ch. B., Experimental Morphology, I. Effect of Chemical and Physical Agents upon Protoplasm. New York, Mac Millan Co. 1897; II. Effect of Chemical and Physical agents upon Growth. New York, Mac Millan Co., 1899. [Ausgezeichnete, sachliche Darstellung mit Illustrationen der Methodik, das Unterbleiben weiterer Bände ist sehr zu bedauern.]

Loeb J., The Dynamics of Living Matter, Columbia University Biological Series VIII. New York, Mac Millan Co. 1906.

— — Die Tropismen, in Wintersteins Handbuch der vergleichenden Physiologie. IV./1., Jena, Fischer, 1911.

— — The Mechanistic Conception of Life. Biological Essays 1912. [Enthalten hauptsächlich die Forschungen dieses geistreichen Autors, illustriert.]

Prowazek S. v., Einführung in die Physiologie der Einzelligen (Protozoen). Leipzig und Berlin, Teubner, 1910. [Leider viele Druckfehler.]

Przibram H., Einleitung in die experimentelle Morphologie der Tiere. Leipzig und Wien, Deuticke 1904. [Kapitel II bis V, nicht illustriert.]

— — Physiologie der Formbildung in Wintersteins Handbuch der vergleichenden Physiologie. 3. Februar, Jena, Fischer, 1911. [Illustriert.]

Pütter A., Vergleichende Physiologie. Jena, Fischer, 1911. [Kapitel I bis VI.]

Verworn M., Allgemeine Physiologie, Ein Grundriß der Lehre vom Leben. 5. vollst. neu bearbeitete Auflage. Jena, Fischer, 1909. [319 Abbildungen.]

II. Periodische Referate.

(**Felix J.** und) **Guinet L.**, Archives de Plasmologie Générale publiées par l'Institut International de Plasmologie et de Biomécanique universelles. Brüssel, Lamartin und Paris, Alcan. Seit 1912. [Außer Originalarbeiten auch Referate einschlägiger Materien.]

Oppenheimer C., Zentralblatt für die gesamte Biologie. Leipzig, Bornträger. Erschien zuerst in 2 Abteilungen: I. Biochemisches, II. Biophysikalisches Zentralblatt, und zwar letzteres als Bd. I, 1905/1906, bis IV. 1910. Sodann als neue Folge. [Kurze Referate, oft bloß Titel, keine Zusammenfassung.]

Poll H., Zentralblatt für allgemeine und experimentelle Zoologie. [Als Fortsetzung des Zentralblattes für allgemeine und experimentelle Biologie ab 1912.]

Rhumbler L., Aus dem Lückengebiete zwischen organismischer und anorganismischer Materie. In Merkel-Bonnets Ergebnissen der Anatomie und Entwicklungsgeschichte. XV. 1905. [Nicht alljährlich erscheinend.]

(**Schaudinn F.**, fortgesetzt von) **Hartmann** und **Prowazek**, Archiv für Protistenkunde, Fischer, Jena, seit 1902. [Außer Originalarbeiten auch Referate einschlägiger Materien.]

Verworn M., Zeitschrift für allgemeine Physiologie. Jena, Fischer, seit 1901. [Ebenso.]

Yerkes R. M., The Journal of Animal Behavior, New York, Holt. Leipzig, London und Paris, Stechert. Seit 1911. [Ebenso.]

III. Originalabhandlungen.

(Die vor den Namen stehenden römischen Ziffern beziehen sich auf die Kapitel vorliegenden Bandes, die arabischen auf eventuelle Abschnitte derselben.)

IX. **Abegg R.**, Noch ein Beitrag zum Temperatureinfluß auf Lebensprozesse. Zeitschrift für Elektrochemie, XI, 823. **1905.**

VII, 7. **Adams G. P.**, On the Negative and positive Phototropism of the Earthworm, Allolobophora foetida, as determined by Light of different Intensities. American Journal Physiology. IX. 26. **1903.**

VII, 1. **Aderhold R.**, Beitrag zur Kenntnis richtender Kräfte bei der Bewegung niederer Organismen. Jenaische Zeitschrift. XXII. 310. **1888.**

VIII. **Allen, Jessie Blount**, The Associative Processes of the Guinea-Pig. A Study of the Psychical Development of an Animal with a Nervous System Well Medullated at Birth. Journal Comparative Neurology and Psychology. XIV. 294. **1904.**

V, 1. **Amerling K.**, Über die Widerstandsfähigkeit gegen Sauerstoffmangel, während der Ontogenie des Frosches. Pflügers Archiv, CXXI. 363. **1908.**

VI. **Aron H.**, Wachstum und Ernährung. Biochem. Zeitschr. XXX. 3/4. S. 206. **1911.**

I. **Arrhenius Svante**, Das Werden der Welten. Deutsch v. L. Bamberger. Leipzig. Akademische Verlagsgesellschaft. **1907.**

IX. **d'Arsonval**, Recherches sur la chaleur animale, Comptes rendus Acad. Paris. XCIII. S. 83. **1881.**

IX. **Atwater W. O.**, Neue Versuche über Stoff- und Kraftwechsel im menschlichen Körper. Asher-Spiro-Ergebnisse der Physiologie. III./1. 497. **1904.**
(Deutsche Bearbeitung des Bulletin Nr. 136 der „Office of experiment Stations U. S. A.".)

IX. **Babák E.** und **Roček J.**, Über die Temperaturkoeffizienten des Atemrhythmus bei reicher und bei ungenügender Versorgung des Atemzentrums mit Sauerstoff. Pflügers Archiv. CXXX. 477. **1909.**

IX. **Babák E.**, Die Synchronie des Atem- und Herzrhythmus bei den Fischembryonen und der Einfluß der Temperatur. Folia Neuro-Biologica. VI. 367. **1912.**

V, 1. **Babák E.**, Zur Physiologie der Atmung bei Culex (Versuche von **J. Hepner**). Internat. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie. V. 81. **1912.**

V, 8. **Bachmetjew P.**, Experimentelle entomologische Studien. I. Temperaturverhältnisse bei Insekten. Leipzig, Engelmann. 160 Seiten. 7 Fig. (Mit früherer Literatur dess. Autors.) **1901.**

V, 8. — — II. Einfluß der äußeren Faktoren auf Insekten. Sophia, Staatsdruckerei. 944 + CIII Seiten. 23 tab. **1907.**

IX. **Backmann E. L.** und **Runström J.**, Physikalisch-chemische Faktoren bei der Embryonalentwicklung. Biochem. Zeitschr. XXII. 290—298. **1909.**

V, 1. **Balbiani E. G.**, Etudes sur l'action des sels sur les Infusoires. Arch. d. Anat. micr. II. 518. **1899.**

VII, 6. **Bancroft Frank W.**, Über die Gültigkeit des Pflügerschen Gesetzes für die galvanotropischen Reaktionen von Paramaecium. Pflügers Archiv. CVII. 535. **1905.**

VII, 6. — — On the Influence of the relative Concentration of Calcium Ions on the Reversal of the Polar effect of the Galvanic current in Paramaecia. Journal of Physiology. XXXIV. 444. **1906.**

VII, 7. **Banta A. M.**, A Comparison of the Reactions of a Species of Surface Isopod with those of a Subtenanean Species. I. Experiments with Light; Journal Experimental Zoology, VIII. **1910.**

VII, 4. — — A Comparison of the Reactions of a Species of Surface Isopod with those of a Subterranean Species. II. Journal Experimental Zoology. VIII. 439. **1910.**

IX. **Bärensprung Felix von**, Temperatur des Fötus. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin. 126. **1851.**

V, 1. **Barratt J. O. W.**, Die Reaction des Protoplasmas in ihrem Verhältnis zur Chemotaxis. Zeitschrift f. allg. Physiologie. IV. 87. **1904.**

V. 1, — — Die Wirkung von Säuren und Basen auf lebende Paramaecien. Z. f. allg. Phys. IV. 438. **1904.**

V, 1. — — The lethal concentration of Acids and Bases in respect to Paramaecien aurelia. Proceedings R. Soc. London. LXXIV. 100. **1904.**

V, 1. — — Die Addition von Säuren und Alkalien durch lebendes Protoplasma. Zeitschrift f. allg. Physiologie. V. 10. **1905.**

VII, 1. **Barrows W. M.**, Reactions of the Pommace fly to odorous substances. Journal experimental Zoology. IV. 515. **1907.**

IX. **Bataillon**, L'embryogénèse complète provoquée chez les Amphibiens par piqûre de l'oeuf vierge. Comptes rendus Academie. Paris. CL. 18. IV. **1910.**

IX. — — Le problème de la fécondation circonscrit par l'imprégnation sans amphiorixie et la parthénogénèse traumatique. Archives Zoologie expér. et gén. XLVI. 20. XI. **1910.**

VI, IX. **Baudrimont A.** und **Saint-Ange G. T.**, **Martin**, Recherches sur les phénomènes chimiques de l'évolution embryonnaire des Oiseaux

et des Batraciens. Annales de chimie et de Physique. Paris. (3). XXI. 195. **1847.**
(Auszug aus: Mémoire grand prix Sc. physiques, proposé p. Ac. Sc. Paris.) **1846.**

VI. **Baudrimont A.** und **Saint-Ange G. T., Martin,** Recherches anatomiques et physiologiques sur le développement du foetus et en particulier sur l'évolution embryonnaire des oiseaux et des batrachiens. Mémoire Acad. Sciences de de l'Inst. Nat. de France. XI. 469. **1851.**

VI. **Baumgartner Julius,** Der Atmungsprozeß im Ei. Freiburg i. B. **1881.**

II. **Bénard H.,** Les tourbillons cellulaires dans une nappe liquide propagant de la chaleur par convection en regime permanent. Thèses prés. Faculté des Sciences Paris. p. o. grade de Docteur des Sciences Physiques. Paris. 88 S. 28 fig. **1901.**

II. **Berthold,** Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig. **1886.**

V, 8. **Bert P.,** Mémoire sur la physiologie de la Seiche, *Sepia* officinalis, Mémoires Soc. Sci. Bordeaux. V. 115. **1867.**

V, 8. — — Sur la mort des animaux à sang froid par l'action de la *chaleur.* Mém. Soc. Sci. phys. et nat. Bordeaux. V. XXII. **1867.**

V, 8. — — Sur l'influence de la chaleur sur les animaux inférieurs. C. R. Société Biologie. Paris. XXVIII. 168. **1876.**

V, 1. — — La pression barométrique. Recherches de Physiologie expérimentale. Paris. 1168 Seiten. 89 Figuren. **1878.**

VI, IX. **Bezold A. v.,** Über die Verteilung von Wasser, organischer Substanz und Salzen im Tierreiche. Verhandl. phys. mediz. Gesellschaft. Würzburg. VII. 251. **1857.**

VI, IX. **Białaszewicz K.,** Beiträge zur Kenntnis der Wachstumsvorgänge bei Amphibienembryonen. Bulletin Académie Sciences Cracovie. Math. natw. Klasse. 783. Krakau. **1908.**

IX. — — Untersuchungen über die osmotischen Verhältnisse bei der Entwicklung der Frosch- und Hühnerembryonen. Bulletin Académie Krakau. Jänner. **1912.**

IX. — — Über das Verhalten des osmotischen Druckes während der Entwicklung der Wirbeltierenembryonen. Teil I und II. Versuche an Hühner- und Froschembryonen. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXIV. 489. **1912.**

II. **Biedermann W.,** Über die Bedeutung von Kristallisationsprozessen bei der Bildung der Skelette wirbelloser Tiere, namentlich der Molluskenschalen. Zeitschrift für allgemeine Physiologie. I. 154. Tafel 3—6. **1902.**

II. — — Untersuchungen über Bau und Entstehung der Molluskenschalen. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft. XXXVI. **1902.**

V, 1. **Binz C.,** Über die Wirkung antiseptischer Stoffe auf Infusorien von Pflanzenjauche. Zentralblatt f. d. medizinischen Wissenschaften. (Nr. 20.) 305. 4. Mai. **1867.**

V, 1. — — Über Reduktion des chlorsauren Kalis. Archiv f. exp. Pathologie. X. 153. **1879.**

VII, 6. **Blasius E.** und **Schweizer F.**, Elektropismus und verwandte Erscheinungen. Pflügers Archiv. LIII. 493. **1893.**

V, 1. **Bodländer G.**, Exper. Beitrag zur Theorie der Narkose. Zentralblatt f. klin. Medizin. V. 249. **1884.**

V, 1. — — Über langsame Verbrennung. Sammlung chem. u. chem.-techn. Vorträge von Ahrens. Suttgart. III. 385. **1899.**

V, 1. **Boeck H. V.** und **Bauer J.**, Über den Einfluß einiger Arzneimittel auf den Gasaustausch bei Tieren. Zeitschrift f. Biologie. X. 336. **1874.**

VII. **Bohn Georges**, Attractions et oscillations des animaux sous l'influence de la lumière. Mémoire Institut Général Psychologie. I. 1. **1905.**

VIII. — — Die Neue Tierpsychologie. Deutsch von **Rose Thesing**. Leipzig. Veit. 183 Seiten. **1912.**

VI, IX. **Bohr** und **Hasselbalch**, Über die Kohlensäureproduktion des Hühnerembryo. Skandinav. Archiv f. Physiol. X. S. 149. **1900.**

VI. **Boveri Th.**, Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns. Jena. Fischer. **1904.**

V, 1. **Bokorny Th.**, Vergleichende Studien über die Giftwirkung verschiedener chemischer Substanzen bei Algen und Infusorien. Pflügers Archiv. LXIV. 262. **1896.**

IX. **Borowsky Wladimir M.**, Untersuchungen über Actinosphaerium eichhorni. Archiv für Protistenkunde. XIX. 255. **1910.**

IX. **Brachet A.**, Les localisations germinales dans l'oeuf parthénogénètique de Rana fusca. Bulletin Société Royale Sciences medicales et naturelles Bruxelles. Nr. 4. 3. IV. **1911.**

IX. — — Etudes sur les localisations germinales et leur potentialité réelle dans l'oeuf parthénogénètique de Rana fusca. Archives de Biologie. XXVI. 337. **1911.**

II. **Brandt K.**, Die kolonienbildenden Radiolarien des Golfes von Neapel. 78—82. **1885.**

V, 1. **Bredig**, Anorganische Fermente. Leipzig. Engelmann. **1901.**

V, 2, 8. **Broca P.**, Rapport sur la question soumise a la Sociétè de Biologie par Mell. Pouchet etc. au sujet de la réviviscence des animaux desséchés. Mém. Société de Biologie. (3) 1. **1861.**

VI. **Brook**, On the Rate of Development of the Common Shore Crab, Carcinus maenas. Annals and Magazine of Natural History. (5) XIV. 202. 16. VII. **1884.**

VI. **Brook George**, Note on the reproduction of lost parts in the lobster (Homarus vulgaris). Proceedings Royal Physical Society. CXVI. 370. pl. XVII. **1887.**

IV. **Buchner E.**, **Buchner H.** und **Hahn M.**, Die Zymasegärung. München und Berlin. **1903.**

V, 8. **Bütschli O.**, Ein Beitrag zur Kenntnis des Stoffwechsels, insbesondere der Respiration bei den Insekten. Archiv f. Anatomie u. Physiologie v. Reichert u. Dubois Raymond. 348. **1874.**

I. — — Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig. Engelmann mit Atlas. **1892.**

V, 8. — — Protozoa. Bronns Klassen u. Ordnungen des Tierreichs. **1880.**

V, 1. **Bunge, G. v.** Das Sauerstoffbedürfnis der Darmparasiten. Zeitschr. f. physiol. Chemie. VIII. 48. **1883—1884.**

V, 1. — — Das Sauerstoffbedürfnis der Schlammbewohner. Das. XII. 565. **1888.**

V, 1. — — Weitere Untersuchungen über die Atmung der Würmer. XIV. 318. **1890.**

IX. **Burdach F. W.,** Die Fettbildung im embryonalen Schneckenei. Inaug.-Diss. ,,De commutatione substantiarum proteineacearum in adipem.“ S. 5—9. Königsberg. **1853.**

I. **Burke, J. Butler,** The Radio-activity of Matter, Monthly Review. November. **1903.**

IX. **Burnett T. C.,** The influence of temperature upon the contraction of striped muscle and its relation to chemical velocity. The Journal of Biological Chemistry. New York. II. 195. **1906.**

IV. **Byk A.,** Zur Frage der Spaltbarkeit von Razemverbindungen durch zirkular-polarisiertes Licht, ein Beitrag zur primären Entstehung optisch-aktiver Substanzen. Zeitschrift f. physik. Chemie. XLIX. 641. **1904.**

VI. **Calkins Gory N.,** Studies on the Life-History of Protozoa. 1. The Life-cycle of Paramaecium caudatum. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XV. 139. 4 fig. **1903.**

VI. **Camerer W.,** Das Gewichts- und Längenwachstum des Menschen, insbesondere im 1. Lebensjahre. Leipzig. S. Karger. **1893.**

VI. — — Untersuchungen über Massenwachstum und Längenwachstum. Jahrbuch für Kinderheilkunde. XXXVI. 249. **1893.**

V, 1. **Capranica** und **Colasanti,** Über die Wirkung des Wasserstoffsuperoxyds auf den Organismus. Moleschotts Untersuchungen. XIII. 189. **1882.**

VII, 7. **Carpenter F. W.,** Some Reactions of Drosophila, with Special Reference to convulsive Reflexes. Journal Comparative Neurology and Psychology. XVIII. 483. **1908.**

VI. **Chambers Robert,** Einfluß der Eigröße und der Temperatur auf das Wachstum und die Größe des Frosches und dessen Zellen. Archiv f. mikroskop. Anatomie und Entwicklungsgesch. LXXII. 607. **1908.**

VI. **Chantran S.,** Observations sur l'histoire naturelle des ecrevisses. Journal Anatomie et Physiologie. VIII. 236. **1872.**

V, 1. **Charpentier Aug.,** Action de la Cocaïne et d'autres Alcaloïdes sur certains Infusoires a Chlorophylle. Comptes rendus Soc. biol. Paris. **1885.**

V, 6. **Chémeveau** und **Bohn,** Über die Wirkung eines magnetischen Feldes auf Infusorien. C. R. CXXXVI. 1579. **1903.**

V, 1. **Clark J.,** Protoplasmic Movements and their Relation to Oxygen Pressure. Proc. Roy. Soc. London. XLVI. 370. Juni 20. **1889.**

VII, 7. **Cole L. J.,** Influence of Direction versus Intensity of Light in Determining the Phototropic Responses of Organismus. Journal Comparative Neurology and Psychology. XVII. 193. **1907.**

III. **Conklin E. G.**, The cause of Inverse Symmetry. Anatom. Anzeiger. XXIII. 577. **1902.**

VI. — — Cell Size and Nuclear Size. Journal of Experimental Zoology. XII. 1. 37 fig. **1912.**

IX. **Copineau**, Ornithotrophie artificielle (zitiert n. Dareste, 1861). **1780.**

VI. **Cornevin Ch.**, Etudes zootechniques sur la croissance. Archives de Physiologie norm. et path. Paris. (5) IV. 477. **1892.**

VII, 7. **Cowles R. P.**, Stimuli produced by Light and by Contact with Solid Walls as Factors in the Behavior of Ophiurids. Journal Experimental Zoology. IX. 387. **1910.**

VI. **Daffner Franz**, Das Wachstum des Menschen. 2. Aufl. Leipzig. Engelmann. **1902.**

V, 8. **Dallinger W. H.**, On a Series of Experiments made to determine the Thermal Death-point of known Monad Germs when the Heat is endured in a Fluid. Journal Royal Micr. Soc. III. 1. **1880.**

VII, 4. **Dantec F. le**, Sur l'adhérence des amibes aux corps solides. Comptes rendus. CXX. 210. **1895.**

IX. **Dareste Camille**, Sur l'influence qu'exerce sur le développement du poulet l'application totale d'un vernis ou d'un enduit oleagineux sur la coquille de l'oeuf. Annales Sciences Naturelles (Zool.) XV. 5. **1861.**

IX. — — Nouvelles recherches sur l'incubatoin artificielle, Bulletin des sciences naturelles appliquées. I. S. 169. **1889.**

V, 4. — — Recherches sur la Production artificielle des Monstruosité. Paris. Reinwald. **1891.**

VI. **Davenport C. B.**, The role of water in growth. Proceedings Boston Society Natural History. XXVIII. **1897.**

V, 8. — — und **Castle**, On the Acclimatization of Organisms to high Temperatures. Archiv f. Entwicklungsmechanik. II. 227. **1896.**

VII, 7. — — und **Cannon W. B.**, On the determination of the direction and rate of movement of organisms by light. Journal Physiology. XXI. 32. **1897.**

VII, 7. — — und **Lewis F. T.**, Phototaxis of Daphnia. Science. N. S. IX. **1899.**

V, 2. **Davis H. A.**, New Callidina with the results of experiments on the Desiccation of Retiforms. Monthly Microscopical Journal. IX. 201. **1873.**

VIII. **Day Lucy M. und Madison Bentley** A Note on Learning in Paramecium. Journal of Animal Behavior. I. 67. **1911.**

IX. **Degen Albert**, Untersuchungen über die kontraktile Vakuole und die Wabenstruktur des Protoplasmas. Botanische Zeitung. LVIII. Abt. 1. 163. **1905.**

IX. **Dehorne J.**, Le nombre des chromosomes chez les batraciens et chez les larves parthenogénétiques de grenouille. Comptes rendus Académie. Paris. CL. 30. Mai. **1910.**

IX. **Delège Yves,** La parthénogenèse expérimentale. Verhandlungen d. VIII. internat. Zoologen-Kongresses. Graz. 15.—20. Aug. 1910. Jena, Fischer. S. 100 ff. **1912.**

IX. **Della Valle Paolo,** La Morfologia della cromatina dal Punto di Vista Fisico. Archiv zool. Ital. VI. 37. 75 fig. **1912.**

V, 8. **Doenhoff,** Beiträge zur Bienenkunde. XXIV. Eichstädt. Bienenzeitung. XIII. Nr. 16 u. 17. 199. **1857.**

V, 8. — — Über das Verhalten kaltblütiger Tiere gegen Frosttemperatur. Archiv f. Anatomie u. Physiologie. 724. — Jahrgang. **1872.**

VI. **Donaldson Henry H.,** A Comparison of the White Rat with Man in Respect to the Growth of the Entire Body. (In coll. w. E. H. Duan u. J. B. Watson). Boas Memorial Volume 1. **1906.**

VI. — — A Comparison of the Albino Rat with Man in Respect to the Growth of the Brain and of the Spinal cord. Journal Comparative Neurology a. Psychology. XVIII. 345. **1908.**

VI. — — On the Relation of the Body Length to the Body Weigth and to the Weigth of the Brain and of the Spinal cord in the Albino Rat (Mus norvegicus var. albus). Journal Comparative Neurology a. Psychology. XIX. 155. **1909.**
(vorl. Mitt.: Proceetings Association American Anatomists. Anatomical Record. III. 245. **1909.**

VI. — — On the Percentage of Water in the Brain and in the Spinal Cord of the *Albino* Rat. Journal Comparative Neurology and Psychology. XX. 119. **1910.**

VI. — — und **Hatai Shinkishi,** A Comparison of the Norway Rat with the Albino Rat in Respect to Body Length, Brain Weight, Spinal cord Weight and te Percentage of Water in bothe the Brain and the Spinal cord. Journal Comparative Neurology. XXI. 417. **1911.**

V, 8. **Doyère P. L. N.,** Mémoire sur les Tardigrades. Annales des Sciences naturelles. (2) XVIII. 5. **1842.**

V, 1. **Dreser H.,** Zur Pharmakologie des Quecksilbers. A. f. exper. Pharmakologie. XXXII. 457. **1893.**

II. **Dreyer Friedrich,** Prinzipien der Gerüstbildung bei Rhizopoden, Spongien und Echinodermen. Ein Versuch zur mechanischen Erklärung organischer Gebilde. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft. XXVI. 15 tbs. **1892.**
Ziele und Wege biologischer Forschung, beleuchtet an der Hand einer Gerüstbildungsmechanik. Jena. Fischer. 6 lith. tbs. **1892.**

VII, 7. **Driesch Hans,** Heliotropismus bei Hydroidpolypen. Zoologische Jahrbücher. Abt. f. Syst. V. 147. **1890.**

VIII. **Drzewina A.,** Les variations périodiques du signe du phototropisme chez les pagures misanthropes. C. R. Academie sciences. **1907.**

VII, 2. — — Les réactions adaptatives des crabes. Institut psychologique. **1908.**

I. **Dubois Raphael,** Société de Biologie. Mai **1904.**

I. — — Revue des Idées. 15. März **1905.**

VII. **Du Bois-Reymond R.**, Physiologie der Bewegung; Wintersteins Handbuch der vgl. Physiologie. III. 1. (19. u. 26. Lieferung). Jena. Fischer. **1911.**

VI. **Ecker** zitiert nach Preyer 1885, S. 498.

VI. **Edwards Charles Lincoln,** Notes on the Embryology of Mülleria Agassizii, Sel., a Holothurian common at Green Turtle Cay, Bahamas. Johns Hopkins Univ. Circ. Balt. VIII. 37. **1889.**

VI. — — Variation, Development and Growth in Holothuria floridana Pourtalès and in Holothuria atra Jäger. Biometrika. VI. 236. **1908—1909.**

V, 7, 8. **Edwards W. F.,** De l'influence des agents physiques sur la vie. Paris. Crochard. 654 Seiten. **1824.**

VI. **Ehrenbaum,** Über den *Hummer.* Fischereizeitung. Neudamm. VI. Nr. 29. 449. **1903.**

VI. — — Neuere *Untersuchungen* über den Hummer. Mitteilungen des Deutschen Seefischerei-Vereines. XIX. Nr. 5. 146. **1903.**

V, 8. **Ehrenberg Chr. G.,** Die Infusorionstierchen als vollkommene Organismen. Leipzig. 64 tab. **1838.**

VII, 6. **Engelmann T. W.,** Neue Methode zur Unterschung der Sauerstoffausscheidung pflanzlicher und tierischer Organismen. Pflügers Archiv. XXV. 285. **1881.**

VI. **Erdmann Rhoda,** Experimentelle Untersuchungen der Massenverhältnisse von Plasma, Kern und Chromosomen in dem sich entwickelnden Seeigelei. Archiv f. Zellforschung. II. **1908.**

VI. **Estabrook A. H.,** Effect of chemicals on Growth in Paramaecium. Journal Experimental Zoology. VIII. 489. **1910**

VII, 6. **Ewald J. R.,** Über die Wirkung des galvanischen Stroms bei der Längsdurchströmung ganzer Wirbeltiere. Pflügers Archiv. LV. 606. **1894.**

VII, 6. — — Über die Wirkung des galvanischen Stroms bei der Längsdurchströmung ganzer Wirbeltiere. II. Pflügers Archiv. LIX. 153. **1894.**

VII, 7. **Ewald W. E.,** Über Orientierung, Lokomotion und Lichtreaktion einiger Cladoceren und deren Bedeutung für die Theorie der Tropismen. Biologisches Zentralblatt. XXX. 1. 49. **1910.**

VII, 7. — — On Artificial Modification of Light Reactions and the Influence of Electrolytes on Phototaxis. Journal Experimental Zoology. XIII. 591. **1912.**

VI, IX. **Falck C. Ph.,** Beiträge zur Kenntnis der Bildung und Wachstumsgeschichte der Tierkörper. Schriften Gesellsch. Beförderung ges. Naturwissenschaften. Marburg. VIII. 165. **1857.**

IX. **Farkas K.,** Beiträge zur Energetik der Ontogenese. Dritte Mitteilung. Über den Energieumsatz des Seidenspinners während der Entwicklung im Ei und während der Metamorphose. Pflügers Archiv (Bonn). XCVIII. 5490. **1903.**

VII. **Fechner Th.,** Elemente der Psychophysik. Leipzig. Breitkopf u. Härtel. 2. Aufl. **1889.**

VI. **Fehling H.**, Beiträge zur Physiologie des placentaren Stoffverkehrs. Archiv f. Gynäkologie. XI. 523. **1877.**

IX. **Filon Geneviéve**, Variation de la Vitesse d'Excitabilité musculaire avec la température. Journal de physiologie et de pathologie générale, XIII. 19. **1911.**

IV. **Fischer Emil**, Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteïne (1899—1906). Berlin. J. Springer. **1906.**

VII. **Fischer Otto**, Theoretische Grundlagen für eine Mechanik der lebenden Körper. Leipzig u. Berlin. Teubner. **1906.**

IX. **Frank O.**, Einfluß der Herztemperatur auf die Erregbarkeit der beschl. u. verlangs. Nerven. Zeitschrift für Biologie. XLIX. (N. F. XXXI.) 392. **1907.**

VII, 7. **Franz V.**, Über die Bedingungen der Phototaxis bei frei beweglichen Tieren. Zentralblatt für Physiologie. XXIV. 833. **1910.**

VII, 7. — — Phototaxis und Wanderung. Nach Versuchen mit Jungfischen und Fischlarven. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. III. 3/4. 306. **1910.**

V, 3. **Frédéricq Leon**, Sur la permeabilité de la membrane bronchiale. Bulletin Académie Belgique. 68. **1891.**

V, 3. — — La physiologie de la Branchie et la pression osmotique du sang de l'Ecrevisse. Bulletin Académie Belg. XXXV. 831. **1898.**

V, 8. **Frenzel J.**, Temperaturmaxima für Seetiere. Pflügers Archiv. XXXVI. 458. **1885.**

VI. **Friedenthal Hans**, Das *Wachstum* des Körpergewichtes des Menschen und anderer Säugetiere in verschiedenen Lebensaltern. Zeitschrift f. allgemeine Physiologie. IX. 487. **1909.**

VI. — — Über das Wachstum des menschlichen Körpergewichtes in den verschiedenen Lebensaltern und über die *Volum*messung von Lebewesen. (Vortrag. Physiologische Gesellschaft. Berlin. 25. II. 1909). Physiologisches Zentralblatt. XXIII. 529. **1909.**

VI. — — Experimentelle *Prüfung* der bisher aufgestellten Wachstumsgesetze. (Vortrag. 16. VII. 1909. Physiologische Gesellschaft. Berlin). Physiologisches Zentralblatt. XXIII. 540. **1909.**

VI. — — Über die *Gültigkeit* des Massenwirkungsgesetzes für den Energieumsatz der lebendigen Substanz. Zentralblatt für Physiologie. XXIII. 437. **1910.**

VI. — — Die *Zeiten* der Verdopplung des Körpergewichtes neugeborener Tiere. (Vortrag. 17. VI. 1910. Physiologische Gesellschaft. Berlin.) **1910.**

VI. — — Daten und Tabellen betreffend die Gewichtszunahme des Menschen und anderer Tierarten. Friedenthals Arbeiten a. d. Gebiet d. exper. Physiologie. Teil II. Jena. Fischer. 221. **1911.**

V, 1. **Friedländer C.** und **Herter E.**, Über die Wirkung der Kohlenäsure auf den Tierorganismus. Zeitschrift f. physiol. Chemie. II. 99. **1878—1879.**

V, 1. **Fühner Hermann**, Über die Einwirkung verschiedener Alkohole auf die Entwicklung der Seeigel. Archiv f. exper. Pathologie und Pharmakologie. LI. 1. **1903.**

V, 1. **Fühner Hermann,** Notizen zur Biologie von Convoluta roscoffensis Graff. Biologisches Zentralblatt. XXVI. 24. **1906.**

V, 1. — — Der Wirkungsgrad der einwertigen Alkohole. Zeitschrift für Biologie. LVII. 465. **1912.**

V, 1. — — und **Neubauer E.,** Haemolyse durch Substanzen homologer Reihen. Archiv f. exper. Pathologie u. Pharmakologie. LVI. 333. **1907.**

V, 8. **Gadeau de Kerville Henri,** Note sur l'albinisme imparfait unilateral chez les Lepidoptères. Ann. Société Ent. France. (6) V. 431. **1897.**

VII, 1. **Garrey W. E.,** The effect of ions upon the aggregation of flagellated infusoria. American Journal Physiology. III. 291. **1900.**

VI. **Genthe A.,** Beiträge zur Kenntnis des Leinöltrockenprozesses. **1907.**

V, 1. **Geppert J.,** Über das Wesen der CNH-Vergiftung. Zeitschrift f. klin. Medizin. XV. 1 tb. **1889.**

V, 1. **Gibbs W.** und **Reichert E. T.,** Eine systematische Untersuchung über die Einwirkung von chemischen Verbindungen, die in bestimmten Beziehungen zueinander stehen, auf Tiere. Chemisches Zentralblatt 1890 und (4) III/2. 126. 390. **1891.**

V, 7. **Goldfarb A. J.,** Experimental Study of Light as a Factor in the Regeneration of Hydroids. Journal of experimental Zoology. III. 129. **1906.**

V, 3. **Gogorza y González D. J.,** Influencia del aqua dulce en los Animales Marinos. Annales de la Sociedad Espanol Historia Natur. XX. 220. **1891.**

VII, 7. **Graber V.,** Fundamentalversuche über die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit augenloser und geblendeter Tiere. Sitzungsberichte Akademie Wissenschaften. Wien. LXXXVII./I. 201. **1883.**

VII, 7. — — Über die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit einiger Meertiere. Sitzungsberichte Akademie Wissenschaften. Wien. XCI./I. 129. **1885.**

V, 8. — — Thermische Experimente an der Küchenschabe. (Periplaneta orientalis). Pflügers Archiv. XLI. 240. **1887.**

IX. **Greeley A. W.,** On the effects of variations in the temperature upon the process of artificial parthenogenesis. Biol. Bull. IV. **1903.**

V, 1. **Greenwood M.,** Ont he Action of Nicotin upon certain Invertebrates. Journal of Physiology. XI. 573. **1890.**

V, 1. **Gréhant** und **Quinquand,** Comptes rendus. CVI. 289. **1888.**

V, 1. — — (Über die durch Kohlenoxyd verursachten Todesfälle.) Rf. Jahresberichte f. Tierchemie. XVIII. 50. **(1888) 1889.**

V, 1. **Grethe G.,** Über die Wirkung verschiedener Chininderivate auf Infusorien. Deutsches Archiv f. klin. Medizin. LVI. 189. **1896.**

I. **Gümbel,** Über die in Bayern gefundenen Steinmeteoriten; Sitzber. math. natw. Kl. Akademie d. Wissenschaften. München. Heft I. S. 14 ff. **1878.**

II. **Haeckel Ernst,** Die Kalkschwämme. Berlin. **1872.**

VIII. **Haecker Valentin,** Über Lernversuche bei Axolotln. Archiv für gesamte Psychologie. XXV. 1. **1912.**

VI. **Hadley Philipp B.,** Regarding the Rate of growth of the American Lobster. Biological Bulletin. X. 233. **1906.**

VI. — — id. XXX. Annual Report of Rhode Island Commission of Inland Fisheries. Special Paper. XXIII. **1906.**

I. **Hahn Otto,** Die Meteorite (Chondrite) und ihre Organismen. Tübingen. Laupp. **1880.**

VII, 7. **Hargitt C. W.,** The Early Development of Eudendrium. Zool. Jahrbuch. XX. 257. **1904.**

VII, 7. **Harper E. H.,** Reactions to Light and Mechanical Stimuli in the Earthworm Perichaeta bermudensis. Biological Bulletin. X. 17. **1905.**

II. **Harting P.,** Recherches de Morphologie synthétique sur la production artificielle de quelques formations organiques. Amsterdam. **1872.**

IX. **Harvey E. Newton,** Methods of Artificial Parthenogenesis. Biol. Bulletin. XVIII. 269—280. **1910.**

VI, IX. **Hasselbach K. A.,** Über den respiratorischen Stoffwechsel des Hühnerembryo. Skandinav. Arch. f. Physiol. X. S. 353. **1900.**

VI. **Hecker C.** und **Buhl,** Klinik der Geburtskunde. Leipzig. II. **1864.**

VI. **Heinroth O.,** Beobachtungen bei der Zucht des Ziegenmelkers, Caprimulgus europaeus. Journal für Ornithologie. 56. **1909.**

V, 1. **Heinz R.,** Handbuch der exper. Pathologie. I. Fischer. Jena. **1905.**

VI. **Hennig,** Wachstumsverhältnisse der Frucht und ihrer wichtigsten Organe in den verschiedenen Monaten der Tragzeit. Archiv f. Gynäkologie. XIV. 314. **1879.**

VI. **Hensen V.,** Das Wachstum des Meerschweinchenfötus. Arbeiten Kieler physiologischen Institutes. 154. 1 taf. **1868.**

VI. — — Hermanns Handbuch der Physiologie. VI./2. **1881.**

IX. **Herlitzka Amedeo,** Ein Beitrag zur Physiologie der Regeneration. Elektrophysiologische Untersuchungen. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXX./2. 126. (Roux-Festschrift.) **1910.**

VII, 6. **Hermann L.** und **Matthias F.,** Der Galvanotropismus der Larven von Rana temporaria und der Fische. Pflügers Archiv. LVII. 391. **1894.**

VII, 6. **Hermann L.,** Eine Wirkung galvanischer Ströme auf Organismen. Pflügers Archiv. XXXVII. 457. **1885**

VII, 6. — — Weitere Untersuchungen über das Verhalten der Froschlarven im galvanischen Strome. Pflügers Archiv. XXXIX. 414. **1886.**

V, 1. **Hermanns Franz,** Toxikologische Studien über KCl und NaCl. Dissertation. Marburg. **1872.**

VI, VII, 7. **Herrick Francis Hobart,** The American Lobster. Bulletin. U. S. Fish. Commission. 1. (tab. A—J, 1—54). (96 ff.) **1895.**

V, 7. **Hertel E.,** Über Beeinflussung des Organismus durch Licht, speziell durch die chemisch wirkenden Strahlen. Zeitschrift f. allgem. Physiologie. IV. 1. **1904.**

V, 7. — — Über die Einwirkung von Lichtstrahlen auf den Zellteilungsprozeß. Zeitschrift f. allgem. Physiologie. V. 535. **1905.**

IX. **Hertwig O.**, Über den Einfluß der Temperatur auf die Entwicklung von Rana fusca und Rana esculenta. Archiv für mikroskopische Anatomie. LI. 319. **1898.**

VI. **Hertwig Richard**, Über Korrelation von Zell- und Kerngröße und ihre Bedeutung für die geschlechtliche Differenzierung und die Teilung der Zelle. Biologisches Zentralblatt. XXII. **1903.**

VI, IX. **Hertwig R.**, Über neue Probleme der Zellenlehre. Archiv für Zellforschung. I. 1. **1908.**

IX. **Herzog R. O.**, Chemisches Geschehen im Organismus. Zeitschrift für allgemeine Physiologie. IV. 164. **1904.**

IX. — — Über den Temperatureinfluß auf die Entwicklungsgeschwindigkeit der Organismen. Zeitschrift f. Elektrochemie. XI. 820. **1905.**

V, 1. **Heymans J. F.**, Über die relative Giftigkeit der Oxal-, Malon-, Bernstein- und Brenzweinsäure, sowie ihrer Natriumsalze. Du Bois Reymonds Archiv. 168. **1889.**

IX. **St. Hilaire Goeffroy**, Des differents états de pesanteur des oeufs au commencement et à la fin de l'incubation.. Journal complémentaire sciences médicales. VII. **1820.**

V, 1. **Hofer B.**, Über die lähmende Wirkung des Hydroxylamins auf die kontraktilen Elemente. Zeitschrift f. wissensch. Mikroskopie. VII. 318. **1890.**

VII, 7. **Holmes S. J.**, Phototaxis in the Amphipoda. American Journal Physiology. V. 211. **1901.**

VII, 7. — — The Selection of Random Movments as a Factor in Phototaxis. Journal Comparative Neurology and Psychology. XV. 98. **1905.**

VII, 7. — — The Reactions of *Ranatra* to Light. Journal Comparative Neurology and Psychology. XV. 305. **1905.**

VII, 7. — — Phototaxis in Fiddler Crabs and its Relation to Theories of Orientation. Journal Comparative Neurology and Psychology. XVIII. 493. **1908.**

VII, 7. **Holt E. B.** und **Lee F. S.** The Theory of Phototactic Response. American Journal Physiology. IV. 460. **1901.**

V, 1. **Hoppe-Seyler G.**, Über die Wirkung des Phenylhydrazins auf den Organismus. Zeitschrift f. physiol. Chemie. IX. 34. **1885.**

V, 8. **Hunter John**, Philosophical Transactions. **1792.**

III. **Hyde Ida H.**, Arch. internat. II. 102. **1904.**

II, VI. **Van Iterson G.**, Mathematische und mikroskopische anatomische Studien über Blattstellungen nebst Betrachtungen über den Schalenbau der Miliolinen. 1—331. 16 tbs. 100 tfgs. Jena. Fischer. **1907.**

V, 6. **Jellinek S.**, Elektropathologie. Stuttgart. Enke. 246 Seiten. 72 Fig. 4 tab. **1903.**

VI. **Jenkinson J. W.**, The Effect of Sodium Chloride on the Growth and Variability of the Tadpole of the Frog. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXX. (Rouxfestschrift II.) 349. **1910.**

VI. — — Growth, Variability and Correlation in Young Trout. Biometrika. VIII. 445. **1911—1912.**

VII, 1, 4. Jennings H. S., Reactions to stimuli in unicellular organisms. I. Reactions to chemical, osmotic and mechanical stimuli. Journal of Physiology. XXI. 258. **1897.**

VII, 4, 6, 7. Jennings H. S., Contributions to the Study of the behavior of lower organisms. Carnegie Institution Publications. Nr. 16. Washington. **1904.**

VII, VIII, 4, 6, 7. Jennings H., S. Behavior of the lower organisms. New York. **1906.**

VI. — — Heredity, variation and evolution in Protozoa. II. Proceedings of the American Philosophical Society. XLVII. 393. **1908.**

VII, 5. Jensen P., Über den Geotropismus niederer Organismen. Pflügers Archiv. LIII. **1893.**

V, 7. Joseph H. und **Prowazek S.,** Versuche über die Einwirkung von Röntgenstrahlen auf einige Organismen, besonders auf ihre Plasmatätigkeit. Zeitschrift f. allgem. Physiologie. I. 142. **1902.**

IX. Kanitz Aristides, Arbeiten über die *RGT*-Regel bei Lebensvorgängen. Zeitschrift für Elektrochemie. Halle a. S. XIII. 707. **1907.**

IX. — — Auch für die *Frequenz* des Säugetierherzens gilt die RGT-Regel. Pflügers Archiv. CXVIII. 601. **1907.**

IX. — — Der Einfluß der Temperatur auf die pulsierenden *Vakuolen* der Infusorien und die Abhängigkeit biologischer Vorgänge von der Temperatur überhaupt. Biologisches Zentralblatt. XXVII. 11. **1907.**

II. Kappers C. M. A., Die Bildung künstlicher Molluskenschalen. Zeitschrift für allgemeine Physiologie. VII. 166. Fig. 1—3. **1908.**

VI. Kellner O., Chemische Untersuchungen über die Entwicklung und Ernährung des Seidenspinners. (Bombyx mori.) 1.
I. Unter Mitwirkung von **T. Sako** und **J. Sawano.** Landwirtschaftliche Versuchsstationen. Bd. XXX. S. 59. **1884.**
II. Unter Mitwirkung von **S. Kakizaki, M. Matsuoka** und **T. Yoskü.** XXXIII. S. 381. **1887.**

V, 1. Kimmyser W. C., Untersuchungen über die Reduktion des Natriumchlorats im lebenden tierischen Organismus (rf. Jahresberichte für Tierchemie XIV. 243. **(1884) 1885.**

V, 1. — — Onderzoekingen over de reductre van chlorater in het levend Organismus. Diss. path. Lab. Amsterdam. Oet. **1884.**

VI. Kölliker Albert v., Entwicklungegeschichte des Menschen und der höheren Tiere. 2. Aufl. Leipzig. **1879.**

V, 1. Kobert R., Lehrbuch der Intoxikationen. II. **1906.**

V, 8. Kochs W., Kann die Kontinuität der Lebensvorgänge zeitweilig völlig unterbrochen werden? Biologisches Zentralblatt. X. 673. **1890.**

IX. Konopacki M., Über den Atmungsprozeß bei Regenwürmern. Bulletin de l'Académie de Cracovie, math. natur. Cl. 357. **1907.**

V, 1. Korentschewsky, Vergleichende pharmakologische Untersuchungen über die Wirkung von Giften auf einzellige Organismen. A. f. exper. Pharmakol. XLIX. **1903.**

V, 8. **Koschewnikow G.**, Über die Bedeutung der die Bienen umgebenden Lufttemperatur. Russische Bienenzuchtsliste. Nr. 10, 11. 12. **1895.**

VII, 1. **Kribs H. G.**, The Reactions of Aelosoma to Chemical Stimuli. Journal Experimental Zoology. VIII. 43. **1910.**

V, 1. **Kühne W.**, Untersuchungen über Protoplasma und die Kontraktilität. 158 Seiten. 8 Abs. Leipzig. Engelmann. **1864.**

V, 6, 3. — — Untersuchungen über das Protoplasma und die Kontraktilität. Leipzig. Engelmann. **1864.**

V, 8. **Lagriffe** und **Maurel**, Détermination et action des plus basses températures compatibles avec la vie du lapin Biol. 16. II. u. 11. V. **1901.**

VI. **Lange Emil von**, die normale Körpergröße des Menschen von der Geburt bis zum 25. Lebensalter. München. **1896.**

IX. **Langendorff O.** und **Lehman**, Der Versuch von Stannius am Warmblüterherzen. Pflügers Archiv. CXII. 352. **1906.**

V, 8. **Langlois P.**, La lutte contre la chaleur chez les poikilothermes. C. R. Société de Biologie. LIV. 2. **1902.**

IX, **Lasareff P.**, Ionentheorie der Nerven- und Muskelreizung. Pflügers Archiv. CXXXV. 196. **1910.**

I. **Leduc Stéphane**, Cytogénèse expérimentale, Gazette Médicale de Nantes. 25. Jänner. **1902.**

I. — — Champs de Force de *Diffusion*, Comptes rendus Association Française p. Avancement des Sciences a Montauban. **1902.**

I. — — Les champs de Force chez les êtres vivants. Comptes rendus séances de la Société de Biologie . (Paris.) LV. 369. **1903.**

I. — — Die Diffusion der Flüssigkeiten. Physikalische Zeitschr. VI. 793. **1905.**

I. — — Production, par les Forces physiques, de phénomènes de Nutrition, d'organisation et de croissance. C. R. Soc. Biol. LX. 75. **1906.**

I. — — Théorie physico-chimique de la vie et générations spontanées. Paris. Poinat. **1910.**

I. — — Physiogénie de la Sensibilité. Biologica. II. 289. **1912.**

I. — — (Auszug aus): La Biologie synthétique, Paris. Poinat. **1912.**

V, 8. **Lefèvre J.**, Sur la résistance à la mort par la réfrigération. Société de Biologie. 16. IV. **1901.**

V, 8. — — Nouvelles observations sur la détermination de la température interne minima compatible avec la vie, et sur la subordination de ce problème à l'ordre topographique. Biol. 15. VI. **1901.**

V, 8. — — Chaleur animale et Bioénergétique. Paris. Masson. 1107 Seiten Fig. 211. **1911.**

V. **Legendre R.**, Recherches sur le Nanisme expérimental, influence des Excreta. Archives de Zoologie. (4) VIII. Notes et Revue. LXXVII—LXXXIV. **1908.**

V, 1. **Lehmann Karl**, Die Wirkung hoher Sauerstoffdrucke auf tierische Gebilde. Pflügers Archiv. XXVII. 421. **1882.**

V, 1. **Lehmann Karl,** Über den Einfluß des komprimitierten Sauerstoffes auf die Lebensprozesse der Kaltblüter u. einige Oxydationsvorgänge. Vierteljahrschrift Naturforsch. Gesellschaft. Zürich. XXVIII. 153. **1883.**

V, 1, — — Die Wirkung hoher Sauerstoffdrucke auf tierische Gebilde. Pflügers Archiv. XXVII. 421. **1884.**

V, 1. **Lehmann K. B.,** Experim. Studien über den Einfluß technisch u. hygienisch wichtiger Gase u. Dämpfe auf den Organismus. Archiv f. Hygiene. V. 1. XVII. 324. Auch Habilitationsschrift. München. **1886.**

II. **Lehmann O.,** Flüssige Kristalle. 1—267. 39 tbs. 483 tfgs. Leipzig. Engelmann. **1904.**

I. — — Flüssige Kristalle und die Theorien des *Lebens.* Vortrag. 78. Vers. Deutscher Naturf. u. Ärzte. — Leipzig. A. Barth. **1906.**

VI. **Leonhardt,** Der Lachs. Neudamm. 14. **1905.**

VI. **Levi Giuseppe,** Vergleichende Untersuchungen über die Größe der Zellen. Verhandlungen Anatomischen Gesellschaft. (XIX. Versammlung. Genf.) Jena. Fischer. **1905.**

VI. — — Studî sulla grandezza delle cellule I. Archivio di Anatomia e di Embriologia. V. 291. **1906.**

VI. — — und **Terni Tullio,** Studî sulla grandezza delle cellule. II. Le variazioni dell'indice plasmatico-nucleare durante l'intercinesi; Archivio Italiano di Anatomia e di Embriologia. X. 545. 1 taf. **1911.**

V, 1. **Lewin L.,** Über Hydroxylamin. Ein Beitrag zur Kenntnis der Blutgifte. Archiv f. exper. Pathologie. XXV. 306. **1889.**

VI, IX. **Liebermann Leo,** Embryochemische Untersuchungen. Pflügers Archiv. XLIII. 71. **1888.**

V, 8. **Lindner G.,** Studien über die Biologie parasitischer Vorticellen. Biolog. Zentralblatt. XVI. 610. **1896.**

VII, 5. **Loeb J.,** Die *Orientierung* der Tiere gegen die Schwerkraft der Erde. Sitzungsberichte physikal. medizin. Gesellschaft. Würzburg. 5. **1888.**

VII, 1, 4, 8. — — Der Heliotropismus der Tiere und seine Übereinstimmung mit dem Heliotropismus der Pflanzen. *Würzburg.* Hertz. **1890.**

VII, 5. — — Untersuchungen zur physiologischen Morphologie der Tiere. I. Über *Heteromorphose.* Würzburg. **1891.**

VII. — — Über die künstliche *Umwandlung* positiv heliotropischer Tiere in negativ heliotropische und umgekehrt. Pflügers Archiv. LIII. 87. **1893.**

V, 7. — — Über den Einfluß des Lichtes auf die Organbildung bei Tieren. Pflügers Archiv. LXIII. 273. **1896.**

V, 1. — — Über die physiologische Wirkung von Alkalien und Säuren in starker *Verdünnung.* Pflügers Archiv. LXXIII. 422. **1898.**

VI. — — Warum ist die Regeneration *kernloser* Protoplasmastücke unmöglich oder erschwert? Archiv f. Entwicklungsmechanik. VIII. 689. **1899.**

V, 1. Loeb J., On Ion-*proteid*-Compounds and theis Rôle in the Mechanics of Life Phenomena. I. The Poisenous Character of a pure NaCl Solution. American Journal of Physiology. III. 327. **1900.**

V, 1. — — Über die *Bedeutung* der Ca- und K-Ionen für die Herztätigkeit. Pflügers Archiv. LIII. 229. **1900.**

V, 1. — — Über den Einfluß der *Wertigkeit* und möglicherweise der elektrischen Ladung von Ionen auf ihre antitoxische Wirkung. Pflügers Archiv. LXXXVIII. 68. **1901.**

V, 1. — — Studies on the Physiological Effects of the *Valency* and possibly the electrical charges of Ions. I. the Toxic and antitoxic Effects of Ions as a function of their Valency and possibly their electrical charge. Amercian Journal of Physiology. VI. 411. **1902.**

V, 1. — — Über die relative *Giftigkeit* von destilliertem Wasser, Zuckerlösungen und Lösungen von einzelnen Bestandteilen des Seewassers für Seetiere. Pflügers Archiv. XCVII. 394. **1903.**

V, 1. — — On the relative *toxicity* of destilled water etc. Univ. of Calif. Publications. I. 55. **1903.**

V, 1. — — Über den Einfluß der Hydroxyl- und Wasserstoffionen auf die Regenerationen und das Wachstum der *Tubularia*. Pflügers Archiv. CI. 340. **1904.**

V, 1. — — Über die *Natur* der Lösungen, in welchen sich die Seeigeleier zu entwickeln vermögen. Pflügers Archiv. CIII. 503. **1904.**

IX. — — On chemical methods by which the eggs of a mollusc (*Lottia* gigantea) can be caused to become mature. University of California Publications. III. 1. **1905.**

IX. — — On the necessity, of the presence of free *Oxygen* in the Hypertonic seawater for the Production of Artificial Parthenogenesis. University California Publications. III. 39. **1906.**

VII. — — Über die Erregung von positivem Heliotropismus durch Säure, insbesondere Kohlensäure, und von negativem *Heliotropismus* durch ultraviolette Strahlen. Pflügers Archiv. CXV. 564. **1906.**

VII, 7. — — The *Dynamics* of living matter. New York. **1906.**

V, 1. — — The *Toxicity* of Atmospheric Oxygen for the Eggs of the Sea-Urchin (Strongylocentrotus purpuratus) after the process of Membrane Formation. University of Califormia Publications. Physiology. III. 33. **1906.**

V, 1. — — On the counteraction of the Toxic effect of Hypertonic Solutions upon the fertilized and unfertilized egg of the Sea-Urchin by *lack* of oxygen. University of California publications. III. 49. **1906.**

VI. — — The Chemical Character of the *Process* of Fertilization and its bearing upon the Theory of Life phenomena. University of California publications. III. 61. **1907.**

V, 1. — — Über die anticytolytische Wirkung von *Salzen* mit zweiwertigen Metallen. Biochem. Zeitschrift. V. 351. **1907.**

V, 1. — — Weitere Versuche über die Notwendigkeit von freiem *Sauerstoff* für die entwicklungserregende Wirkung hypertonischer Lösungen. Pflügers Archiv. CXVIII. 30. **1907.**

V, 1. **Loeb J.**, Zur *Analyse* der osmotischen Entwicklungserregung unbefruchteter Seeigeleier. Pflügers Archiv. CXVIII. 181. **1907.**

IX. — — Über den Temperaturkoeffizienten für die *Lebensdauer* kaltblütiger Tiere und über die Ursache des natürlichen Todes. Pflügers Archiv. CXXIV. 411. **1908.**

V, 1. — — Über den *Unterschied* zwischen isosmotischen und isotonischen Lösungen bei der künstl. Parthenogenese. Biochem. Zeitschrift. XI. 144. **1908.**

V, 1. — — Über den autokatalytischen Charakter der *Kernsynthese* bei der Entwicklung. Biologisches Zentralblatt. XXX. 438. **1910.**

V, 1. — — Über die Hemmung der Giftwirkung von Hydroxylionen auf das *Seeigelei* mittels Zyankalium. Biochem. Zeitschrift. XXXVI. 279. **1910.**

V, 1. — — Über die Hemmung der Giftwirkung von *Hydroxyl*-Ionen auf das befruchtete Seeigelei mittels Sauerstoffmangel. Biochemische Zeitschrift. XXVI. 289. **1910.**

V, 1. — — Über die Hemmung der zerstörenden Wirkung neutraler Salzlösungen auf das befruchtete Ei mittels *Zyankalium*. Biochemische Zeitschrift. XXVII. 304. **1910.**

V, 1. — — Über den Einfluß der *Konzentration* der Hydroxylionen in einer Chlornatriumlösung auf die relative entgiftende Wirkung von Kalium und Kalzium. Biochem. Zeitschrift. XXVIII. 175. **1910.**

V, 1. — — Die *Hemmung* verschiedener Giftwirkungen auf das befruchtete Seeigelei durch Hemmung der Oxydationen in demselben. Biochem. Zeitschrift. XXIX. 80. **1910.**

V, 1. — — Können die Eier von *Fundulus* und die jungen Fische in destilliertem Wasser leben? Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXI. 653. **1911.**

V, 1. — — Auf welche Weise rettet die Befruchtung das *Leben* des Eies? Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXI. 658. **1911.**

V, 1. — — Die Erhöhung der Giftwirkung von *KCl* durch niedrige Konzentrationen von NaCl. Biochem. Zeitschrift. XXXII. 155. **1911.**

V, 1. — — Über die Entgiftung von Kaliumsalzen durch die Salze von *Calcium* und anderen Erdalkalimetallen. Biochem. Zeitschrift. XXXII. 308. **1911.**

V, 1. — — Über den *Mechanismus* der antagonistischen Salzwirkungen. Biochem. Zeitschrift. XXXVI. 275. **1911.**

V, 1. — — The *Rôle* of Salts in the Preservation of Life. Science. N. S. XXXIV. 653. **1911.**

V, 1. — — Die Abhängigkeit der relativen Giftigkeit von Na und Ca von der Natur des *Anions*. Biochem. Zeitschrift. XXXIX. 194. **1912.**

V, 1. — — Über die Hemmung der Giftwirkung von *NaJ*, $NaNO_3$, NaCNS und anderen Natriumsalzen. Biochem. Zeitschrift. XLIII. 182. **1912.**

V, 1. — — Untersuchungen über *Permeabilität* und antagonistische Elektrolytwirkung nach einer neuen Methode. Biochemische Zeitschrift. XLVII. 127. **1912.**

V, 1. **Loeb J.**, The Toxicity of *Sugar* solutions upon Fundulus and the apparent antagonism between salts and Sugar. The Journal of Biological Chemistry. XI. 4. **1912.**

VII, 6. — — und **Garrey W. E.**, Zur Theorie des Galvanotropismus. II. Versuche an Wirbeltieren. Pflügers Archiv. LXV. 41. **1896.**

V, 1. — — und **Gies W. J.**, Weitere Untersuchungen über die entgiftenden Ionenwirkungen und die *Rolle* der Wertigkeit der Kationen bei diesen Vorgängen. Pflügers Archiv. XCIII. 246. **1902.**

V, 1. — — und **Hardesty J.**, Die *Lokalisation* der Atmung in der Zelle. Pflüger. LXI. 583. **1895.**

VII. — — und **Groom T. T.**, Der Heliotropismus der Nauplien von Balanus perforatus und die periodischen Tiefenwanderungen pelagischer Tiere. Biologisches Zentralblatt. X. 160. **1890.**

V, 1. — — und **Lewis H. Warren**, On the *Prolongation* of the Life of the Unfertilized Eggs of Sea-Urchins by Potassium cyanide. American Journal of Physiology. VI. 305. **1902.**

VII, 6. — — und **Maxwell S. S.**, Zur Theorie des Galvanotropismus. Pflügers Archiv. LXIII. 121. **1896.**

V, 1. **Loeb J.** und **Hardolph Wasteneys**, Warum hemmt *Natriumcyanid* die Giftwirkung einer Chlornatriumlösung für das Seeigelei? Biochemische Zeitschrift. XXVIII. 340. **1910.**

V, 1. — — Ist der *Stillstand* rhythmischer Kontraktionen in einer reinen Chlornatriumlösung durch Erhöhung der Oxydationsgeschwindigkeit bedingt? Biochem. Zeitschrift. XXVIII. 350. **1910.**

V, IX, 4. **Loeb J.** und **Wasteneys H.**, Sind die Oxydationsvorgänge die unabhängige *Variable* in den Lebenserscheinungen? Biochem. Zeitschrift. XXXVI. 345. **1911.**

V, 1. — — Die Beeinflussung der Entwicklung und der Oxydationsvorgänge im Seeigelei (*Arbacia*) durch Basen. Biochemische Zeitschrift. XXXVII. 409. **1911.**

V, 1. — — Die *Entgiftung* von Kaliumsalzen durch Natriumsalze. Biochem. Zeitschrift. XXXI. 450. **1911.**

V, 1. — — Die Entgiftung von *Natriumchlorid* durch Kaliumchlorid. Biochem. Zeitschrift. XXXIII. 480. **1911.**

V, 1. — — Die Entgiftung von *Säuren* durch Salze. Biochemische Zeitschrift. XXXIII. 489. **1911.**

V, 1. — — Die Oxydationsvorgänge im befruchteten und unbefruchteten *Seesternei*. A. f. Entwicklungsmech. XXXV. 555. **1912.**

V, 1. — — Weitere *Versuche* über die Entgiftung von Säure durch Salze. Biochemische Zeitschrift. XXXIX. 168. **1912.**

V, 1. — — Über die Entgiftung von *Natriumbromid*. Biochem. Zeitschrift. XXXIX. 185. **1912.**

V, 1. — — Über die Abhängigkeit der Zahl der Herzschläge vom *Partiardruck* des Sauerstoffs. Biochem. Zeitschrift. XL. 277. **1912.**

V, 1. **Löw O.**, Sind Arsenverbindungen Gift für pflanzliches Protoplasma? Pflügers Archiv. XXXII. 111. **1883.**

V, 1. **Loew O.**, Über die Giftwirkung des Hydroxylamins verglichen mit der von anderen Substanzen. Pflügers Archiv. XXXV. 516. **1885.**

V, 1. — — Giftwirkung des Diamids. Berichte deutsch. chem. Gesellsch. XXIII. 3203. **1890.**

V, 1. — — Ein natürliches System der Giftwirkungen. München. Wolff u. Lüneburg. **1893.**

VII, 1. **Lubbock J.**, Ants, Bees and Wasps. International Scientific series. XLII. New York. Appleton. **1884.**

IX. **Lucas Keith**, The temperature-coefficient of the rate of conduction in nerve. The Journal of Physiology. XXXVII. 112. **1908.**

VI. **Luciani** und **Lo Monaco**, Sur les phénomènes respiratoires des larves du ver-a-soie. Archives italiennes de Biologie. XXIII. 424. 1 tb. **1895.**

VI. — — l'accroissement progressif en poids et en azote de la larve du ver-a-soie, par rapport a l'alimentation nécessaire dans les âges successifs. Archives Italiennes de Biologie. XXVII. 340 bis 349. Turin. **1897.**

VI, IX. **Luciani L.** und **Piutti A.**, Sur les phénomènes resperiratoires des oeufs du Bombyx du mûrier. Archives italiennes de Biologie. IX. 319. 1 tb. **1888.**

VII, 6. **Ludloff K.**, Untersuchungen über den Galvanotropismus. Pflügers Archiv. LIX. 525. **1895.**

VI. **Lyon E. P.**, Effects of Potassium Cyanide and of Lack of Oxygen upon the fertilized Eggs and the Embryos of the Sea-Urchin-(Arbacia punctulata). American Journal Physiology. VII. 56. **1902.**

VI. — — Rhythmus of Susceptibility and of Carbon dioxyde in *Cleavage*. American Journal Physiology. XI. 52. **1904.**

VII, 4. — — On *rheotropism*. I. American Journal Physiology. XII. 149. **1904.**

VII, 4. — — *Rheotropism* in fishes. Biological Bulletin. VIII. 238. **1905.**

VII, 4. — — On rheotropism. II. American Journal Physiology. XXIV. 244. **1907.**

V, 5, VII, 5. **Lyon E. P.**, On the Theory of Geotropism in Paramaecium. American Journal of Physiology. XIV. 421. **1905.**

VII, 5. — — Note on the geotropism of Arbacia larvae. Biological Bulletin. XII. 21. **1906.**

V, 5. **Mac-Clendon J. F.**, Protozoan Studies. Journal Exper. Zoology. VI. 266. **1909.**

IX. — — How could increase in permeability to electrolytes allow the development of the egg? Proceed. Society f. Exper. Biology a. Medicine. VIII. 1—3. **1910.**

IX. — — On the Dynamics of Cell-Division. II. Changes in Permeability of developing Eggs to Electrolytes. American Journal of Physiology. XXVII. 240—275. **1910.**

IX. **Magnus R.**, Versuche am überlebenden Dünndarm von Säugetieren. Pflügers Archiv. CII. 123. **1904.**

VII, 7. **Marshall W.**, Die Ontogenie von Reniera filigrana. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. XXXVII. 221. **1882.**

V, 1. **Marchand Felix**, Über die Intoxication durch chlorsaure Salze. Virchows Archiv. LXXVII. 455. **1879.**

VI. **Masing E.**, Über das Verhalten der Nucleinsäure bei der Furchung des Seeigels. Zeitschr. f. physiol. Chemie. LXVII. **1910.**

VII, 3. **Massart J.**, Sensibilité et adaption des organismes à la concentration des solutions salines. Archives de Biologie. IX. 515. **1889.**

VII, 3. — — La sensibilité à la concentration chez les êtres unicellulaires marins. Bulletin academie royale Belgiques. (3). XXII. 148. **1891.**

VII, 7. **Mast S. O.**, Light-Reactions in Lower Organisms. I. Stentor coeruleus. Journal experimental Zoology. III. 359. **1906.**

VII, 7. — — II. Volvox. Journal Comparative Neurology and Psychology. XVII. 99. **1907.**

VII, 7. — — Do Blow-Fly Larvae respond to Gravity? Biological Bulletin. XVIII. 191. **1910.**

VII, 5, 7. **Mast S. O.**, Light and the Behavior of Organisms. New York. Wiley. **1911.**

IX. **Matula J.**, Untersuchungen über die Funktionen des Zentralnervensystems bei Insekten. Pflügers Archiv. CXXXVIII. 388. **1911.**

VII, 4. **Maxwell S. S.**, Beiträge zur Gehirnphysiologie der Anneliden. Pflügers Archiv. LXVII. 263. **1897.**

IX. — — Is the conduction of the Nerve Impulse a chemical or a physical process? The Journal of Biological Chemistry. New York. III. 359. **1907.**

VI. **Meek A.**, Rate of Growth of the Crab, Northumberlannd Sea Fisheries Committeé. Report of Scientific Investigations for 1902; 58. Newcastle -upon-Tyne. **1903.**

VIII. **Megušar Franz**, Experimente über den Farbwechsel der Crustaceen. I. Gelasimus. II. Potamobius. III. Polaemonetes. IV. Palaemon. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXIII. 462. **1912.**

V, 8, VII, 8. **Mendelssohn M.**, Über den Thermotropismus einzelliger Organismen. Pflügers Archiv. LX. 1. **1895.**

VII, 8. — — Recherches sur la thermotaxie des organismes unicellulaires. Jornal de Physiologie et de Pathologie générale. IV. 393. **1902.**

VII, 8. — — Recherches sur la interférence de la thermotaxie avec d'autres tactismes et sur la mécanisme du mouvement thermotactique. J. Phys. Path. IV. 475. **1902.**

VII, 8. — — Quelques condisérations sur la nature et le iôle biologique de la thermotaxie. J. Phys. Path. IV. 489. **1902.**

V, 1. **Mering**, Das chlorsaure Kali. Berlin. **1885.**

IX. **Merlato**, Sur la chaleur développée par l'émbryon pendant l'incubation. Bulletin de la Soc. d'acclimat. Paris. (3) X. S. 11. **1883.**

IX. — — Sur la chaleur émise par les oeufs d'autruche pendant l'incubation. Soc. d'acclimat. 12. April. **1889.**

VI. **Miller Newton**, Reproduction in the brown rat (Mus Norwegicus). American Naturalist. XLV. 623. **1911.**

VI. **Minot C. S.**, Senescence and Rejuvenation, Journal of Physiology. XII. 97. pl. 2—4. **1891.**

VI. — — The problem of age, growth and death (1907). Science series Nr. 21. Putnam's Sons, New York and London. **1908.**

IX. **Miram v.**, Über die Wirkung hoher Temperaturen auf den motorischen Froschnerven. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abt. 533. Jahrgang **1906.**

VI. **Mishima**, Das Wachstum des Kindes in Japan, Tokyo (Japanisch, zitiert nach Donaldson 1908). **1904.**

IX. **Moitessier**, Sur la chaleur absorbée pendant l'incubation. Comptes rendus Acad. Paris. LXXIV. S. 54. **1872.**

VII, 5. **Moore A.**, Some facts concerning geotropic gatherings of Paramaecium. American Journal Physiology. IX. 238. **1903.**

IX. **Moore A. R.**, The Temperature Coefficient for the Process of Regeneration in Tubularia crocea. Archiv für Entwicklungsmechanik. XXIX. 146. **1910.**

VII. — — Concerning Negative Phototropism in *Daphnia* pulex. Journal Experimental Zoology. XIII. 573. **1912.**

VII. — — Negative Phototropism in Diaptomus by means of *strychnine.* University of California Publications. in Physiology IV. 185. publi. 8. XI. **1912.**

VIII. **Morgulis Sergius**, Contributions to the Physiology of Regeneration. I. Experiments on Podarke obscura. Journal Experimental Zoology. VII. 595. **1909.**

IX. — — Studies on Inanition. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXII. 169. **1911.**

IX. — — Studien über Inanition in ihrer Bedeutung für das Wachstumsproblem. II. Experimente an Triton cristatus. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXIV. 617. **1912.**

V, 7. **Müller R.**, Der Milzbrand der Ratten. Berlin. 35. **1893.**

VII, 6. **Nagel W. A.**, Beobachtungen über das Verhalten einiger wirbelloser Tiere gegen galvanische und faradische Reizung. Pflügers Archiv. LI. 624. (*Cyclops.*) **1892.**

VII, 6. — — Fortgesetzte Beobachtungen über polare galvanische Reizung bei Wassertieren. Pflügers Archiv. LIII. 332. (*Gasteropoda.*) **1892.**

VII, 6. — — Über Galvanotaxis. Pflügers Archiv. LIX. 603. **1895.**

V, 1. **Nasse O.** und **Neumann J.**, Über die Wirkung des roten Phosphors auf den Tierkörper. Sitzber. Naturforsch. Ges. Rostock. 16. Mai. **1885.**
(Rf. Jahresberichte für Tierchemie. XV. 117.) (1885)

V, 1. **Nencki M.** und **Sieber N.**, Über eine neue Methode, die physiol. Oxydation zu messen und den Einfluß der Gifte m. Krankheiten auf dieselbe. Pflügers Archiv. XXXI. 332. **1883.**

V, 1. **Neresheimer E. R.**, Über die Höhe histologischer Differenzierung bei heterotrichen Ciliaten. Archiv. f. Protistenkunde. II. 304. **1903.**

V, 7. **Neuberg Carl**, Beziehungen des Lebens zum Licht. Berlin. Allgem. Medizin. Verlagsanstalt. **1913.**

V, 3. **Neudörfer Arthur,** Versuche über die Anpassung von Süßwasserfischen an Salzwasser. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXIII. 566. **1907.**

IX. **Nicolai G. T.,** Über die Leitungsgeschwindigkeit im Riechnerven des Hechtes. Pflügers Archiv. LXXXV. 65. **1901.**

V, 8. **Nicolet H.,** Recherches pour servir à l'histoire des Podurelles. Schweizer Gesellschaft Naturf., Denkschrift. VI. 88 Seiten. **1842.**

V, 8. **Obernier,** Versuche über den Einfluß hoher Wärmegrade auf Tiere. Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinlande. XXIII. Sitzungsber. 22, 23. **1866.**

V, 7. **Ohmke W.,** Über die Lichtempfindlichkeit weißer Tiere nach Buchweizengenuß (Fagopyrismus). Zentralblatt f. Physiologie. XXII. 685. **1909.**

VI. **Ostwald Wolfgang,** Über die zeitlichen Eigenschaften der Entwicklungsvorgänge. Roux' Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik. V. Heft. 71 Seiten. 43 Fig. XI Taf. Leipzig. Engelmann. **1908.**

V, 1. **Paneth J.,** Über das Verhalten von Infusorien gegen Wasserstoffsuperoxyd. Zentralblatt f. Physiologie. III. 377. Nov. 9. **1889.**

IX. **Pari G. A.,** Sul meccanismo e sul ritmo respiratorio delle rane normali e delle rane vagotomizzate. Archiv di fisiologia. III. 283. **1906.**

VII, 7. **Parker G. H., Arkin L.,** The Directive Influence of Ligth an the Earthworm Allolobophora foetida. American Journal Physiology. IV. 151. **1901.**

VII, 1. **Parker** (und **Metcalf**), The reactions of earthworms to salts; a study in protoplasmic stimulation as a basis of interpreting the sense of taste. American Journal Physiology. XVII. 55. **1906.**

IV. **Pasteur L.,** Über die Asymmetrie bei natürlich vorkommenden organischen Verbindungen (1860). Ostwalds Klassiker. Nr. 28. S. 23. Leipzig. **1891.**

II. **Pauli Wo.** und **Samec M.,** Über Löslichkeitsbeeinflussung von Elektrolyten durch Eiweißkörper. I. Biochemische Zeitschrift. XVII. 235. **1910.**

II. — — Zur physikalischen Chemie der Gewebsverkalkung. Wiener Mediz. Wochenschrift Nr. 39. **1910.**

IX. **Pauli Wolfgang,** Kolloidchemie der Muskelkontraktion. Dresden u. Leipzig. Steinkopff. **1912.**

V, 1. **Pauli Wolfgang** und **Handovsky Hans,** Untersuchungen über physikalische Zustandsänderungen der Kolloide. IX. Studien am Alkalieiweiß. Biochemische Zeitschrift. XXIV. 239. **1910.**

VIII. **Pawlow J. P.,** Psychische Erregung der Speicheldrüsen. Asher-Spiro's Ergebnisse der Physiologie. III./1. 177. **1904.**

VII, 6. **Pearl R. J.,** Studies on the Effects of Electricity on Organisms. II. The Reactions of Hydra to the constant Current. American Journal Physiology. V. 301. **1901.**

VII, 1. — — The movements and reactions of fresh-water Planarians. Quarterly Journal Microscopical Science. XLVI. 509. **1903.**

VII, 7. **Pearse A. S.**, Observations on the Behavior of the Holothurian Thyone briareus. Biological Bulletin. XV. 259. **1908.**

VI. **Pearson Karl**, A Biometric Study of the Red Blood Corpuscles of the Common Tadpole (Rana temporaria), from the Measurements of Ernest Warren. D. Sc. — Biometrika. VI. 403. **1908—1909.**

V, 7. **Perthes G.**, Versuche über den Einfluß der Röntgenstrahlen und der Radiumstrahlen auf die Zellteilung. Deutsche Medizinische Wochenschrift. XXX. 632. **1904.**

IX. **Peter Karl**, Der Grad der Beschleunigung tierischer Entwicklung durch erhöhte Temperatur. Archiv für Entwicklungsmechanik. XX. 130. **1906.**

VII, 1. **Pfeffer W.**, Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Untersuchungen Botanischen Instituts. Tübingen. I. 363. **1884.**

VII, 4. — — Über chemotaktische Bewegungen von Bacterien Flagellaten und Volvocineen. Untersuchungen des Botanischen Instituts. Tübingen. II. 582. **1888.**

IX. **Pflüger W.**, Über Wärme und Oxydation der lebendigen Materie. Pflügers Archiv. XVIII. 247. **1878.**

V, 8. **Pictet R.**, La vie et les basses températures. Revue scientifique. **1893.**

V, 8. **Plateau F.**, Recherches physico-chemiques sur les articulés aquatiques. Mémoires conr. Académie Royale Belgique. XXXVI. **1871.**

V, 8. — — Recherches physico-chemiques sur les articulés aquatiques. II. Resistance à l'asphyxie par submersion, action du froid, action de la chaleur, température maximum. Bulletin Académie Belgique. XXXIV. 274. **1872.**

II, — — Statique expérimentale et théorique des liquides. Paris. **1873.**

VI. **Popoff Methodi**, Experimentelle Zellstudien. Archiv für Zellforschung. I. 246. 18 Fig. **1908.**

VI. **Pott R.**, Untersuchungen über die chemischen Veränderungen im Hühnerei während der Bebrütung. Landwirtschaftl. Versuchsstationen. XXIII. 203. **1879.**

IX. **Pott R.** und **Preyer W.**, Über den Gaswechsel und die chemischen Veränderungen des Hühnereies während der Bebrütung. Pflügers Archiv. XXVII. 320. **1882.**

V, 8. **Pouchet F. A.**, Recherches expérimentales sur la congélation des animaux. Journal d'Anatomie. III. 1. **1866.**

IX. **Prevost** und **Dumas**, Note sur le changement de poids que les oeufs éprouvent pendant l'incubation. Ann. Sciences nat. IV. 49. **1825.**

IX. **Preyer W.**, Spezielle Physiologie des Embryo. Leipzig. Grieben (Fernau). **1885.**

VII, 2. — — Über die Bewegungen der Seesterne. II. Mitteilungen Zoolog. Station Neapel. VII. 194. **1886—1887.**

IX. **Prout William**, Some experiments on the changes which take place in the fixed principles of the egg during incubation. Philosophical Transactions Royal Society London. (II.) 377. **1822.**

V, 1. **Prowazek S. von,** Einführungen in die Physiologie der Einzelligen (Protozoen). Leipzig u. Berlin. B. G. Teubner. **1910.**

IX. **Przibram Hans,** Anwenduug elementarer Mathematik auf biologische Probleme. Roux' Vorträge und Aufsätze. Heft II. Leipzig. Engelmann. (Seite 30.) **1908.**

VII, IX. — — Aufzucht, Farbwechsel und Regeneration der Gottesanbeterinnen (Mantidae). III. Temperatur- u. Vererbungsversuche. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXVIII. 561. **1909.**

III. — — Die Verteilung formbildender Fähigkeiten am Tierkörper in dorso-ventraler Richtung. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXX. *Roux-Fest*-Band. 410. **1910.**

III. — — Die Verteilung organbildender Fähigkeiten auf Körperregionen. Verhandlungen *zool. bot.* Ges. Wien. LX. (111). **1910.**

VIII. — — Übertragung erworbener Eigenschaften bei Säugetieren. Versuche mit Hitze-Ratten. Verhandlungen Gesellschaft deutscher Naturforscher u. Ärzte. 81. Versammlung *Salzburg*. II./1. 179. **1910.**

III. — — Asymmetrie-Versuche als Schlüssel zum Bilateralitäts-Probleme. Verhandlungen des VIII. internat. Zoologen-Kongresses. *Graz* 1910. 272. tab. 1. (Erschienen **1912.**)

III. — — Experiments on Asymmetrical Forms as affording a *clue* to the Problem of Bilaterality. Journal experim. Zoology. X. 255. Tab. 1. **1911.**

IX. — — Das innere *Gleichgewicht* der Lebewesen. 42. Bericht der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt a. M. Heft 2, 139. **1911.**

VI. — — Die Kammerprogression der Feraminiferen als Parallele zur Häutungsprogression der Mantiden. Archiv f. Entwicklungsmechanik. (Eingegangen am 8. Dezember **1912.**) **1913.**

V. **Przibram Hans** und **Megušar Franz,** Wachstumsmessungen an Sphodromantis bioculata Burm. 1. Länge und Massen. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXIV. 680. **1912.**

VII. **Przibram Karl,** Über die Brownsche Bewegung nicht kugelförmiger Teilchen. Sitzungsberichte ks. Akademie Wissenschaften Wien. Math. natw. Klasse. CXXI./II. a. 2339. **1912.**

VII, 4. **Pütter A.,** Studien über Thigmotaxis bei Protisten. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abt., Supplement-Bd. 243. **1900.**

V, 1. — — Die Wirkung erhöhter Sauerstoffspannung auf die lebendige Substanz. Zeitschrift f. allgem. Physiologie. III. 363. **1904.**

V, 1. — — Die Atmung bei Protozoen. Zeitschrift f. allg. Physiologie. V. 566. **1906.**

IX. **Pütter W.,** Der Stoffwechsel des Blutegels. Zeitschrift für allgemeine Physiologie. VI. 217. **1907.**

VI. **Quetelet,** Anthropometrie.

VI. — — British association Report. 175. **1879.**

I. **Quincke G.,** Über unsichtbare Flüssigkeitsschichten u. d. Oberflächenspannung flüssiger Niederschläge bei Niederschlagsmembranen, Zellen, Colloiden u. Gallerten. Annalen der Physik. 7 (Heft 3). 631—682. **1902.**

V, 3. **Quinton**, Comptes rendus CXXXI. 905 und 952. 1900.

V, 3, VIII. **Quinton Rene**, L'eau de Mer Milieu Organique. Paris. Masson. 563 Seiten. 1904.

V, 7. **Raab O.**, Über die Wirkung fluoreszierender Stoffe auf Infusorien. Zeitschrift f. Biologie. XXXIX. 524. 1900.

VI. **Rabl C.**, Über den Bau und die Entwicklung der Linse. III. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie. LXVII. 1899.

VII, 7. **Rádl Em.**, Untersuchungen über den Phototropismus der Tiere. Leipzig. Engelmann. 1903.

V, 2. **Railliet A.**, Observations sur la resistance vitale des embryons de quelques Nématodes. Comptes rendus Société de Biologie. XLIV. 703. 1892.

V, 1. **Raimundi C.** und **Bertoni G.**, Sull' azione tossica dell' idrossilamina. Gazetta Chimica Italiana. XII. 199. 1882.

V, 7. **Raubitschek H.**, Zur Pathogenese der Pellagra. Wiener klinische Wochenschrift. XXIII. 963. 1910.

VI. **Read J. Marison**, The Intra-Uterine Growth-Cycles of the Guinea-Pig. Archiv für Entwicklungsmechanik. XXXV. 708. 2 Fig. (eingegangen 5. XI. 1912). 1913.

V, 8. **Reh L.**, Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Diaspinen gegen äußere Einflüsse. Biolog. Zentralblatt. XX. 741. 1900.

VI. **Reuss**, Berichte k. Bayer. Biol. Versuchsanstalt f. Fischerei. München. I. 185. 1908.

I. **Rhumbler L.**, Physikalische Analyse von Lebenserscheinungen der Zelle. Archiv f. Entwicklungsmechanik. VII. 103. 1898.

II. — — Der Aggregatzustand und physikalische Besonderheiten des lebenden Zellinhaltes. Zeitschrift f. allgemeine Physiologie. I. Teil. 279. 1902.
II. Teil. eb. II. 183. I taf. 80 textfig. 1903.

II. — — Die anomogene Oberflächenspannung des lebenden Zellinhaltes. Merkel-Bonnet Anatomische Hefte. v. 27. H. 83. 863. 1905.

II, VI. — — Die Foraminiferen (Thalamophoren) der Plankton-Expedition in: Ergebnisse der Pl.-Exp. d. Humboldt-Stiftung. III. Bd. Kiel u. Leipzig. Lipsius u. Tischler. Erster Teil: Die allgemeinen Organisationsverhältnisse. 1909—1911.

V, 1. **Richet Charles**, De la toxicité comparée des differents métaux. Comptes rendus Ac. Paris. XCIII. 649. (2. Halbjahr.) 1881.

V, 1. — — De l'action chimique de differents métaux sur le *coeur* de la grenouille, C. R. XCIV. 742. (1. Halbjahr.) 1882.

V, 1. — — Comparaison des chlorures *alcalins* etc. C. R. XCIV. 1665. (1. Halbjahr.) 1882.

V, 1. — — de l'action physiologique des sels de *rubidium*. C. R. CI. 667. (2. Halbjahr.) 1885.

V, 1. — — de l'action physiol. des sels de *lithium*, de potassium et de rubidium. 707. 1885.

V, 1. — — De l'action toxique des sels alcalins. C. R. CII. 57. (1. Halbjahr.) 1886.

IX. **Riddle Oscar**, The Rate of Digestion in Cold-blooded Vertebrates. The Influence of Season and Temperutare. American Journal of Physiology. XXIV. 447. **1909.**

IX. **Ritter Wm. E.** and **Bailey Sam. E.**, On the weight of developing eggs. I. The possible Significance of such investigations. II. Practicability of the determinations. University of California Publications in Zoology. VI, 1—10. **1908.**

VI. **Roberts Charles**, Manual of Anthropometry. London. **1878.**

IX. **Robertson T. B.**, Note on the influence of temperature upon the rate of the heart-beat in a Crustacean (Ceriodaphnia). Biological Bulletin. X. 242. **1906.**

VI. — — On the Normal Rate of Growth an of Individual and its Biochemical Significance. (3 Diagrams). A. f. Entwicklungsmechanik XXV. 581—614. **1908.**

IX. — — Sur la dynamique chimique du système nerveux central. Archives internationnales de Physiologie. VI. 388. **1908.**

VI. — — Further Explanatory Remarks Concerning the Chemical Mechanics of Cell-Division. Archiv für Entwicklungsmechanik. XXXV. 692. 3. Fig. (eingegangen 28. VIII. **1912**). **1913.**

V, 8. **Roedel H.**, Über das vitale Temperaturminimum wirbelloser Tiere. Zeitschrift f. Naturwissenschaft. LIX. 183. **1886.**

IX. **Rogers Charles C.**, Studies upon the Temperature Coefficient of the Rate of Heart Beat in certain living animals. American Journal of Physiology. XXVIII. 81. **1911.**

V, 8, IX. **Rossbach M. J.**, Die rhythmischen Bewegungserscheinungen der einfachsten Organismen und ihr Verhalten gegen physikalische Agentien und Arzneimittel. Verhandlungen physik. mediz. Gesellsch. Würzburg. N. F. II. 179. **1872.**

II. **Roux W.**, Über die Verzweigungen der Blutgefäße des Menschen. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft. XII. 205. **1878.**

II. — — Über die Bedeutung der Ablenkung des Arterienstammes bei der Astabgabe. Jenaische Zeitschrift. XIII. 321. **1879.**

II. — — Beiträge zur Morphologie der funktionellen Anpassung. I. I. Structur eines hoch differenzierten bindegewebigen Organs (der Schwanzflosse des *Delphin.*) Archiv f. Anatomie u. Physiologie. Anat. Abt. **1883.**

II. — — II. Über die Selbstregulation „der morphologischen" Länge der Skelettmuskeln des *Menschen*. Jenaische Zeitschrift. XVI. (N. F. IX.) **1883.**

II. — — III. Beschreibung und Erläuterung einer knöchernen Kniegelenks-Ankylose. Archiv f. Anatomie u. Physiologie. Anat. Abt. **1885.**

II. — — Gesammelte Abhandlungen. I. Bd. Leipzig. Engelmann. **1895.**

IX. **Rubner Max**, Kraft und Stoff im Haushalt der Natur. Akademische Verlagsgesellschaft. Leipzig. **1900.**

IX. — — Das Problem der Lebensdauer und seine Beziehungen zum Wachstum und Ernährung. München u. Berlin. P. Oldenbourg. 208 Seiten. **1908.**

VIII. **Russell S. Bent,** A Practical Device to simulate the Working of Nervous Discharges. Journal of Animal Behavior. III. 13. **1913.**

IX. **Sacc,** Sur les modifications qui s'opèrent dans l'oeuf de la poules pendant l'incubation. Annales sciences naturelles. (3) VIII. 150. **1847.**

VI. **Saint-Loup R.,** Sur la vitesse de croissance chez les Souris. Bull. Soc. Zool. France. XVIII. 242. **1893.**

IX. **Sanderson J. Burdon,** The Electrical Response to Stimulation of Muscle. part II. The Monophasic and Diphasic Variation of the Sartorins. Journal of Physiology. XXIII. 325. **1898.**

V, 1, VI. **Semper C.,** Über die Wachstumsbedingungen des Lymnaeus stagnalis. Verh. Würzburger Phys. med. Gesellsch. (N. F.) IV. **1873.**

I. **Schaeffer Georges,** Protoplasma et Colloides. Biologica. Journal Scientifique du Medecin. II. 193. (15. Juli.) **1912.**

VI. **Schaper Alfred,** Beiträge zur Analyse des tierischen Wachstums. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XIV. 307. Tab. XV—XXV. 6 Fig. **1902.**

V, 7. — — Experim. Untersuchungen über den Einfluß der Radiumstrahlen und der Radiumemanation auf embryonale regenerative Entwicklungsvorgänge. Anatomischer Anzeiger. XXV. Nr. 12 bis 14. **1904.**

V, 7. **Schaudinn F.,** Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf Protozoen. Pflügers Archiv. LXXVII. 29. **1899.**

VI. **Schlumberger C.,** Revision des Biloculines des grands fonds. Mém. Soc. Zool. France. IV. 542—578. **1891.**

VII, 7. **Schmid B.,** Über den Heliotropismus von Cereactis aurantiaca. Biologisches Zentralblatt. XXXI. 538. **1911.**

VIII. **Schmitz Karl Ludwig,** Biothermographie. I. Grundlagen und Probleme. Bonn. Georgi. **1911.**

VI. **Schmidt Hermann,** Zur Kenntnis der Larvenentwicklungen von Echinus microtuberculatus. Verhandlungen phys. med. Gesellschaft Würzburg. N. F. XXXVI. 297. **1904.**

VI. **Schönborn E. Graf von,** Weitere Untersuchungen über den Stoffwechsel der Crustaceen. Zeitschr. f. Biologie. LVII. 334. **1912.**

V, 1. **Schröder W. v.,** Über die Wirkung einiger Gifte auf Askariden. Archiv f. exper. Pathologie. XIX. 290. **1885.**

I. **Schrön O. v.,** Biologia minerale, Lettera al Prof. Milesi. Rivista di Filosofia e szienze affini. Anno III. Vol. V. Nr. 4. Bologna pag. 14. **1901.**

I. — — Elenco dei Preparati microscopici e delle microfotografie esibiti in Dieci Dimostrazioni. Napoli. Tipografico Civelli. **1907.**

V, 1. **Schultze Max,** Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. 68 Seiten. Leipzig. Engelmann. **1863.**

V, 8. — — Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig. Engelmann. **1863.**

VIII. **Schultz Eugen,** Regeneration und Übung. Versuche an Amphiglena. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXII. 36. **1911.**

IX. **Schulz Hugo,** Über das Abhängigkeitsverhältnis zwischen Stoffwechsel und Körpertemperatur bei Amphibien und Insekten. Inaugural-Dissertation mediz. Fak. Bonn. (C. Georgi). 21. März. **1877.**

V, 1, 8. **Schürmayer C. B.,** Über den Einfluß äußerer Agentien auf einzellige Wesen. Jenaische Zeitschrift. XXIV. 402. **1890.**

VII, 5. **Schwarz F.,** Der Einfluß der Schwerkraft auf die Bewegungsrichtung von Chlamidomonas und Englena. Berichte botan. Gesellschaft. II. 51. **1884.**

VI. **Schackell L. F.,** Phosphorus metabolism during early cleavage of the echinoderm egg. Science. XXXIV. Nr. 878. **1911.**

VIII. **Simpson S.** und **Galbraith J. J.,** Observations on the normal temperature of the monkeys and its diurnal variation etc. Transactions Royal Soc. Edinburgh. XLV. pt. I. 65 (98). **1906.**

VII Ä 7. **Smith Amelia C.,** The Influence of Temperatures, Odors, Light, and Contact on the movements of the Earthworm. American Journal Physiology. VI. 459. **1902.**

VIII. **Smith Stevenson,** The Limits of Educability in Paramecium. Journal of Comparative Neurology and Psychology. XVIII. 499. **1908.**

IX. **Snyder Ch. D.,** On the Influence of Temperature upon cardiac contraction and its Relation to Influence of Temperature upon chemical Reaction Velocity. University of California Publications. II. 141. **1905.**

IX. — — The Influence of Temperature upon the rate of Heart beat in the Light of the Law for chemical Reaction. II. The American Journal of Physiology. XVII. 350. **1906.**

IX. — — Der Temperaturkoeffizient für die Rhythmik der Bewegung *glatter* Muskeln. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abteilung. 126. Jahrgang. **1907.**

IX. — — Der Temperaturkoeffizient der Frequenz des überlebenden Sinus des *Frosch*herzens bei extremen Temperaturen und bei zunehmendem Alter des Präparates. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abteilung. 118. Jahrgang. **1907.**

IX. — — Der Temperaturkoeffizient der Geschwindigkeit der Nervenleitung. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abteilung. 113. Jahrgang. **1907.**

IX. — — A comparative study of the temperature coefficients of the velocities of various physiological actions. American Journal Physiology. XXII. 309. **1908.**

IX. **Sommer A.** und **Wetzel G.,** Die Entwicklung des Ovarialeies u. des Embryos, chemisch untersucht mit Berücksichtigung der gleichzeitigen morphol. Veränderungen. I. Die chem. Veränd. des Ovarialeies der Ringelnatter bis zur Reife. Arch. f. Anat. u. Physiol. Abt. 389—409. **1904.**

VI. **Sorokina Marie,** Über Synchronismus der Zellteilungen. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXV. Heft 1. 30. 6 Fig. **1912.**

VII, 5. **Sosnowski J.,** Untersuchungen über die Veränderlichkeit des Geotropismus bei Paramaecium aurelia. Bulletin International Academie Sciences Cracovie. 130. **1899.**

V, 8. **Spallanzani L.,** Oeuvres: Opuscules de physique, animale et végétale etc. 3. Bände. Pavia u. Paris. **1787.**

VI. **Spitzer,** Die Bedeutung gewisser Nukleoproteide für die oxydative Leistung der Zelle. Pflügers Archiv. LXVII. **1897.**

VIII. **Springer Ada,** A Study of Growth in the Salamander, Diemyctylus viridescens. Journal Exper. Zoology. VI. 1. **1909.**

I. **Stadelmann Heinrich,** Anorganische Pilzformen. Umschau. Nr. 37. Frankfurt a. M. **1905.**

I. — — Über Umwandlung amorpher Materie in gestaltete. Vortrag naturw. Ges. Isis Dresden. Montagsblatt wissensch. Beilage d. Magdeburgischen Zeitung. Nr. 12. 19. März. **1906.**

VII, 1, 2, 3, 7, 8. **Stahl E.,** Zur Biologie der Myxomyzeten. Botanische Zeitung. XLII. 145; 161; 187. **1884.**

VII, 1. **Stange B.,** Über chemotaktische Reizbewegungen. Botanische Zeitung. XLVIII. 107; 124; 138; 155; 161. **1890.**

V, 5. **Stein Stanislaus von,** Die Wirkung des kontinuierlichen Zentrifugierens auf die Entwicklung von Eiern, Kücken, Fischen und Meerschweinchen. Leipzig. O. Leiner. **1910.**

II. **Steinmann G.,** Über Schalen- und Kalksteinbildungen. Berichte der Naturforsch. Gesellschaft. Freiburg i. B. IV. **1889.**

V, 7. **Stevens N. M.,** The Effect of Ultraviolet Light upon the Developing Eggs of Ascaris megalocephala. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXVII. 622. **1909.**

IX. **Stewart Colin C.,** Mammalian Smooth Muscle .— The Cats bladder. The American Journal of Physiology. IV. 185. **1901.**

V, 1. **Stockard Charles R.** and **Craig D. M.,** An Experimental Study of the Influence of Alcohol on the Germ Cells and the Developing Embryos of Mammals. Archiv f. Entwicklungsmechanik. XXXV. 569. **1912.**

VI. **Stratz C. K.,** Das normale Wachstum. Vierteljahrschrift f. körperliche Erziehung. IV. 135. **1908.**

VII. **Szymanski J. S.,** Ein Versuch, das Verhältnis zwischen modal verschiedenen Reizen in Zahlen auszudrücken. *I.* Pflügers Archiv. CXXXVIII. 457. **1911.**

VII, VIII. — — Versuche, das Verhältnis zwischen modal verschiedenen Reizen in Zahlen auszudrücken. *II.* Pflügers Archiv. CXLIII. 25. **1911.**

VIII. — — Änderung des Phototropismus bei Küchenschaben durch Erlernung. Pflügers Archiv. CXLIV. 132. **1912.**

IX. **Tangl F.,** Beiträge zur Energetik der Ontogenese. Erste Mitteilung. Die Entwicklungsarbeit im Vogelei. Pflügers Archiv. (Bonn.) XCIII. S. 327. **1903.**

IX. **Tangl Franz** und **Farkas Koloman,** Beiträge zur Energetik der Ontogenese. IV. Über den Stoff- u. Energieumsatz im bebrüteten Forellenei. Pflügers Archiv. CIV. 638. **1904.**

VI. — — Beiträge zur Energetik der Ontogenese. Vierte Mitteilung. Über den Stoff- und Energieumsatz im bebrüteten Forellenei. Pflügers Archiv. (Bonn.) CIV. S. 624. **1904.**

IX. **Tangl Franz**, Zur Kenntnis des Stoff- und Energieumsatzes holometaboler Insekten während der Metamorphose. (*VI.* Beitrag zur Energetik der Ontogenese.) Pflügers Archiv. (Bonn.) CXXX. S. 1. **1909.**

IX. — — Embryonale Entwicklung und Metamorphose vom energetischen Standpunkte aus betrachtet. (*VII.* Beitrag zur Energetik der Ontogenese.) Pflügers Archiv. CXXX. S. 55. **1909.**

IX. **Tangl Franz** und **Auguste v. Mituch**, Beiträge zur Energetik der Ontogenese. V. Weitere Untersuchungen über die Entwicklungsarbeit und den Stoffumsatz im bebrüteten Hühnerei. Pflügers Archiv. (Bonn.) CXXI. S. 437. **1908.**

V, 1. **Tappeiner H.**, Zur Kenntnis der Wirkung des Fluornatriums. A. f. exp. Pharmakologie. XXV. **1889.**

V, 1. — — Mitteilung über d. Wirkung d. Fluornatriums. A. f. exp. Pharm. XXVII. **1890.**

V, 1. — — Über d. Wirkung d. Phenylchinoline und Phosphine auf niedere Organismen. Deutsch. Arch. f. klin. Med. LVI.

V, 1. — — Über d. Wirkung v. Chininderivaten u. Phosphinen auf niedere Organismen. Münch. med. Woch. Nr. 1. **1896.**

V, 7. — — Über Wirkung fluoreszierender Stoffe auf Infusorien nach Versuchen von O. Raab. Münchner medizin. Wochenschrift. I. 5. **1900.**

VI. **Thompson Millett T.**, The Metamorphosis of the Hermit Crab. Proceedings Boston Society of Natural History. XXXI. 147. tb. 4 bis 10. **1903.**

VIII. **Thorndike E. L.**, A note on the psychology of fishes. American Naturalist. XXIII. 923. **1899.**

IX. **Tichomiroff A.**, Chemische Studien über die Entwicklung der Insekteneier. Zeitschrift für physiologische Chemie. IX. 518; 566. **1885.**

VI. **Toldt C.**, Altersbestimmung menschlicher Embryonen. Prager medizinische Wochenschrift. **1879.**

VII, 7. **Torelle Ellen**, The Response of the Frog to Light. American Journal Physiology. IX. 466. **1903.**

VII, 5. **Torrey H. B.**, Biological Studies on Corymorpha. I. C. palma and its environment. Journal of Experimental Zoology. I. 395. **1904.**

VII, 7. **Towle E. W.**, A study in heliotropism of Cypridopsis. American Journal Physiology. III. **1900.**

I. **Traube M.**, Gesammelte Abhandlungen. S. 207—277. **1899.**

II. **Triepel Hermann**, Die trajektoriellen Strukturen. (Einführung in die physikalische Anatomie. III. Wiesbaden. Bergmann. **1908.**

V, 1. **Tsukamoto M.**, On the Poisonons Action of Acohols upon Different Organisms. Journal College Science Japan. VII. 269. **1895.**

V, 1. **Uschinsky**, Zur Frage der Schwefelwasserstoffvergiftung. Zeitschrift f. physiol. Chemie. XVII. 220. **1893.**

V, 8. **Vallin**, Recherches expérimentales sur les accidents produits par la chaleur. Archives de médicine. **1873.**

V, 1. **Van de Stadt**, Die Oxydationsgeschwindigkeit bei Phosphorwasserstoff. Zeitschrift f. physik. Chemie. XXII. 322. **1893.**

V, 8. **Varigny H. de,** Note sur l'action d'eau douce, de la chaleur, et de quelques poisons sur le *Beroë* ovatus. C. R. Societé Biol. Paris. XXXIX. (C. R. 61.) **1887.**

V, 8. — — Über die Wirkung der Temperaturerhöhungen auf einige *Crustaceen.* Zentralblatt für Physiologie. I. 173. **1887.**

IX. **Vaubel Wilhelm,** Lehrbuch der theoretischen Chemie. Zweiter Band: Zustandsänderungen und chemische Umsetzungen. Berlin. Springer. (366.) **1903.**

V, 7. **Veneziani A.,** Über die physiologische Einwirkung des Radiums auf die Opalina ranarum. Zentralblatt f. Physiologie. XVIII. 130. **1904.**

VI. **Vernon H. M.,** The Effect of Environment on the development of Echinoderm Larvae: an experimental Inquiry into the causes of variation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. CLXXXVI. B. 577. **1895.**

V, 8. — — Heat *rigor* in coldblooded animals. Journal of Physiology. XXIV. 239. **1899.**

V, 8. — — The *death*-temperature of certain marine Organisms. J. of Physiology. XXV. 131. **1899.**

VI. **Verrill A. E.,** The Cephalopods of the Northeastern Coast of America. Transactions Connecticut Academy. V. 259. (1878—) **1882.**

VII, 4, 6. **Verworn M.,** Allgemeine Physiologie. Jena. Fischer. **1895.**

VII, 6, 7. — — Die polare Erregung der Protisten durch den galvanischen Strom. Pflügers Archiv. XLV. 1. **1889.**

VII, 6, 7. — — ib. XLVI. 267. **1889.**

V, 1, VII, 1, 8. — — Psycho-physiologische Protistenstudien. Jena. Fischer. **1889.**

V, 6. — — Die polare Erregung der Protisten durch den galvanischen Strom. Pflügers Archiv. XLV. 1. **1889.**

V, 6. — — Die polare Erregung der Protisten durch den galvanischen Strom. II. Pflügers Archiv. XLVI. 266. **1890.**

V, 6. Untersuchungen über die polare Erregung der lebendigen Substanz durch den konstanten Strom. III. Pflügers Archiv. LXII. 415. **1896.**

VI. **Vierordt,** Anatomisch-physiologische Tabellen. 3. Aufl. 186. **1906.**

VI. **Vitzon Alexandre-Nicolas,** Recherches sur la structure et la formation des téguments chez les Crustacés Décapodes. Archives Zoologie Expér. et Générales. X. 451. tb. XXIII—XXVIII. **1882.**

VI. **Waddington H. J.** (Bournemouth), The Moulting of Carcinus Maenas; vgl. Williamson (Seite 164 u. Tabellen ff.) **1903.**

VI. — — Cancer pagurus vgl. Williamson (Seite 135 Tabelle.) **1904.**

VII, 7. **Walter H. E.,** Reactions of Planarians to Light. Journal Experimental Zoology. V. 35. **1907.**

V, 1. **Warburg O.,** Über die Oxydation in lebenden Zellen nach Versuchen am Seeigelei. Hoppe-Seylers Zeitschrift f. physiologische Chemie. LXVI. 305. **1910.**

VI. — — Über die Wirkung der Struktur auf chemische Vorgänge in Zellen. Jena. Fischer. **1913.**
(Vortrag, gehalten Heidelberg 6. XII. **1912**.)

VI. **Warren Ernest,** A Preliminary Attempt to ascertain the Relation-ship between the Size of Cell and the tize of Body in Daphnia magna Straus. Biometrika. II. 255. **1902—1903.**

IX. **Wetzel G.,** Die Entwicklung des Ovarialeies u. des Embryos, chemisch untersucht mit Berücksichtigung der gleichzeit. morph. Veränderungen. II. Die chem. Zusammensetzung der Eier des Seeigels, der Seespinne, des Tintenfisches u. des Hundshaies. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. 507—542. **1907.**

V, 1. **Weinland E.,** Über den Glykogengehalt einiger parasitärer Würmer. Zeitschrift f. Biologie. XLI. 69. **1901.**

V, 1. — — Über ausgepreßte Extrakte von Ascaris l. und ihre Wirkung. Eb. XLIII. 86. **1902.**

IX. — — Über den anoxybiontischen Abschnitt der chemischen Prozesse bei Caliphora. Zeitschr. f. Biologie. XLVIII. 87. **1906.**

V, 1. **Weyl Th.,** Die Wirkung künstlicher Farbstoffe auf den tierischen Organismus. I. Berichte d. deutschen chem. Gesellschaft. XXI. (2191 auch 512.) **1888.**

VII, 4. **Wheeler W. M.,** Anemotropism and other tropisms in insects. Archiv für Entwicklungsmechanik. VIII. 373. **1899.**

IX. **Wiedemann E.** und **Lüdeking Chr.,** Über die Wärmeentwicklung bei Lösung und Quellung der Colloide. Wiedemanns Annalen der Physik. N. F. XXV. 145. **1885.**

V, 7. **Willcock E. G.,** The Action of the Rays from Radium upon some simple Forms of Animal life. Journal of Physiology. XXX. 449. **1904.**

VI. **Williams Charles E.,** Notes on the Life History of Gongylus gongyloides, a Mantis of the Tribe Empusides and a Floral Simulator. Transactions Entomological Society London. part. I. 125. April. **1904.**

VI. **Williamson H. C.,** On the Larval and Early Young Stages, and Rate of Growth of the Shore-Crab, Carcinus maenas, Leach. Annual Report Fishery Board for Scottland. par III. 136. tb. VII. bis XIII. **1903.**

VI. — — Contributions to the Life-Histories of the Edible Crab (Cancer pagurus) and of other Decapod Crustacea: Impregnation, Spawning, Casting, Distribution, Rate of Growth. Annual Report Fishery Board for Scotland. part. III. 100. tb. I.—V. **1904.**

VI. — — Report on Larval and Later Stages of certain Decapod Crustacea. Fisheris Scotland, Scientific Investigations. I. 1909. **1911.**

VII, 7. **Wilson E. B.,** The Heliotropism of Hydra. American Naturalist. XXV. 413. **1891.**

VII, 7. **Wodsedalek J. E.,** Phototactic Reactions and their Reversal in the May-fly Nymphs Heptagenia interpunctata. Biological Bulletin. XXI. 265. **1911.**

II. **Wolff J.,** Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin. folio. 152 Seiten. 12 Tafeln. **1892.**

IX. **Woodruff L. L.** and **Baitsell G. A.**, The Temperature Coefficient of the Rate of Reproduction of Paramaecium aurelia. American Journal of Physiology. XXIX. 147. **1911.**

VIII. **Woods Frederick Adams**, Mental and Moral Heredity in Royalty. New York. H. Holt u. Co. (294.) **1906.**

VIII. — — American Breeders Association. Report of the Committee of Eugenics. V. (248.) **1908.**

VIII. — — Laws of Diminishing environmental Influences. Popular Science Monthly. 313. April. **1910.**

IX. **Woolley V. J.**, The Temperature-coefficient of the Rate of conduction and of the latent period in muscle. Journal of Physiology. XXXVII. 123. **1908.**

VII, 8. **Wortmann J.**, Der Thermotropismus der Plasmodien von Fuligo varians (Aethalium septicum d. Ant.) Berichte Deutschen Botanischen Gesellschaft. III. 117. **1885.**

VIII. **Yerkes R. M.**, The formation of habits in the turtle. Popular Scientific Monthly. LVIII. 519. **1901.**

IX. **Yeo G. F.** und **Cash Th.**, Ont he Relation between the active Phases of Contraction and the Latent Period of Skeletal Muscle. The Journal of Physiology. IV. 198. **1883.**

IX. **Yeo Gerald F.**, Ont he normal Duration and Significance of the „latent period of excitation" in Muscle-Contraction. Journal of Physiology. IX. 396. **1888.**

VIII. **Yerkes R. M.**, Habit formation in the green crab, Carcinus granulatus. Biological Bulletin. III. 241. **1902.**

VIII. — — The Instincts, habits and reactions of the frog. I. Associative processes of the green *frog*. Harvard Psychological Studies. I. 579. **1903.**

VIII. **Yerkes R. M.** und **Huggins G. E.**, Habit formation in the Crawfish, *Cambarus* affinis. Harvard Psychological Studies. I. 565. **1903.**

V, 1. **Zahn**, Über Protoplasmagifte. In.-Diss. Erlangen. **1901.**

VIII. **Zeleny Charles**, The *Effect* of Successive Removal upon the Rate of Regeneration. Journal Experimental Zoology. VII. 477. **1909.**

VIII. — — The *Relation* between Degree of Injury and Rate of Regeneration, additional Observations and General Discussion. Journal Experimental Zoology. VII. 513. **1909.**

V, 7. **Zuelzer Margarete**, Über die Einwirkung der Radiumstrahlen auf Protozoen. Archiv f. Protistenkunde. V. 358. **1905.**

Register.



TAFEL I.

Plasmogenie.

Fig. 1. Anorganische Pilzformen, erhalten in 2 bis 3 Tagen durch Einwirkung eines in eine Uranylnitratlösung eingetauchten Kohle-Eisen-Elementes (nach Photographien von Stadelmann 1905).

,, 2. Wachstumsform in einer Ferrozyankalium- und Kaliumnitratlösung (nach Leduc 1906).

,, 3. ,,Künstliche" Zellen entstanden durch Einwirkung (Diffusion) einer Ferrocyankaliumlösung auf Gelatine (nach Leduc 1902).

,, 4. ,,Furchung" der durch Einwirkung von Radium, Baryum oder Magnesium auf Kulturböden entstehenden Vakuoliden oder Eoben (nach Dubois 1905).

,, 5. Die durch Einwirkung von Radium auf Gelatine entstehenden ,,Radioben" in ihren Teilungsformen (nach Burke 1906).

,, 6. Selbstteilung von Kristallen, Para-azoxybromzimtsäure-ethylester (nach Lehmann 1906 *Leben*).

,, 7. Karyokineseähnliche Figur dargestellt durch Diffusion von Tusche in Kochsalzlösung (nach Leduc 1905).

,, 8. Diffusionsfeld von zwei Bluttropfen in Kochsalzlösung (nach Leduc 1905).

,, 9. Ölseifenschaum (nach Mikrophotographie von Bütschli 1892).

,, 10. Überschellakter Glasfaden, der von einem Chloroformtropfen aufgenommen, des Schellakmantels beraubt und dann wieder ausgestoßen wird (nach Rhumbler 1898).

,, 11. Pulsierende Vakuole in einem Chloroformtropfen (nach Rhumbler 1898).

,, 12. Künstliches, von einem Chloroformtropfen in Wasser mit Glassplittern gebautes Gehäuse (nach Rhumbler 1898).

,, 13. Ein mit Glassplittern verriebener, in Chloroform liegender Wassertropfen, dessen Glassplitter nach Berührung des Tropfens mit einer Nadel an die Oberfläche treten und ein Gehäuse bilden (nach Rhumbler 1898).

,, 14. Ein in Wasser liegender Chloroformtropfen baut aus schellaküberzogenen Glassplittern ein künstliches Gehäuse auf (nach Rhumbler 1898).

,, 15. Anziehung einer hypotonischen, künstlichen Zelle durch einen Kaliumnitratkristall in einer Kaliumnitratlösung (nach Leduc 1912).

,, 16. Negative Phototaxis, d. i. Abstoßung durch Licht, eines mit Tusche versetzten Wassertropfens in einer Salzlösung (nach Leduc 1912).

,, 17. Vegetation von Kaliumferroferrocyanid, an der Lichtseite eines Glastroges sich ausbreitend (nach Quincke 1902).





H. Przibram.
Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien,
Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



TAFEL II.

Blasen- und Kolloidform.

Fig. 1. Saccamina, Schale der lebenden Foraminifere.
,, 1*a*. Nachahmung durch Quecksilberoxydulchromat.
,, 2. Turitellopsis (Ammodiscus) schoneanus, Schale der leb. For.
,, 2*a*. Nachahmung durch Quecksilberoxydulchromat.
,, 3. Gordiammina (A.) gordialis, Schale der leb. For.
,, 3*a*. Nachahmung durch Quecksilberoxydulchromat.
,, 4. Rhabdammina linearis, Schale des leb. For.
,, 4*a*. Nachahmung durch Quecksilberoxydulchromat.
5. Rh. discreta, Schale der lebenden Foraminifere.
,, 5*a*. Nachahmung durch Quecksilberoxydulchromat.
,, 6. Rotalia becarii, mit Einzeichnung der konstanten Randwinkel (hier 64^0).
,, 7. Nodosaria soluta, mit Einz. d. konst. Randwinkel (hier 125^0).
,, 7*a*. Schema zur Entstehung der Randwinkel durch Flüssigkeitsumschlag.
,, 8. Nodosaria mit kugelförmigen Kammern, Längsschnitt, in polarisiertem Lichte.
,, 9. Nodosaria mit eiförmigen Kammern, Längsschnitt, in polarisiertem Lichte.
,, 10. Orbitolites duplex, entkalkte Randkammer. R, R_1 Radiärwände, C konzentrische Wände.
,, 11. Globigerina mit Stacheln und sonstiger Ornamentik.
,, 11*a*. Wirbelströme in einem mit Graphit vermengten, erwärmten Paraffine, welche zur Bildung sechseckiger Zellen führen, von der Seite (Versuche von Bénard).
,, 11*b*. Dieselben von oben, links Schema der Bildung, rechts gebildete Zelle (Figuren 1 bis 11 nach Rhumbler).
,, 12*a*. Vier gleichgroße Blasen, in einem gemeinsamen Eckpunkte zusammentreffend.
,, 12*b*. Vier große Blasen, welche eine kleinere im Innern umschließen.
,, 12*c*. Schema zur Verdickung der aneinander stoßenden Kanten und Flächen der Blasenräume.
,, 13. Radiolariengehäuse der Callimitra agnesae.
,, 14. Radiolariengehäuse des Archiscenium cyclopterum.
,, 15. Hornspikulae vom Schwamme Darwinella aurea.
,, 16. Erste Entwicklung eines Skelettelementes einer Seeigellarve.
,, 17. Entwicklung von Anker und Platte der Seewalze Synapta inhaerens (Figuren 12 bis 17 nach Dreyer).
,, 18. Der Muschelschale von Arca noë ähnliche Form gerinnenden Paraffines (nach Kappers).

Tabellen für die Kurvenpunkte der Tafel III.

Zu 1. **Frontonia leucas,**

sind die Bestimmungspunkte von Popoff u. R. Hertwig nicht angegeben.

Zu 2. **Paramaecium caudatum.** Zu 2 *A*.

Alter	Längen in μ	Breiten *A* in μ
Teilung, 0	82·600	64·893
Minuten $2^1/_2$	107·660	59·355
„ $9^1/_2$	128·000	60·168
„ 23	143·348	54·284
„ 40	149·920	55·840
„ $82^1/_2$	161·524	54·192
„ 240	176·560	58·922
„ 720	188·988	62·796
„ 1080	199·048	56·496
„ 5760 Teilung.	165·200	64·893

Zu 3. **Triloculina rotunda.**

Nummer der Kammer	Breite in μ	Vehältnis der aufeinanderfolgenden Kammern	Reziprokes Verhältnis der Kammerbreiten
II	34	$n:(n+1)$	$(n+1):n$
III	45	0·76	1·32
IV	61	0·74	1·36
V	84	0·73	1·38
VI	114	0·74	1·36
VII	142	0·80	1·25
VIII	182	0·78	1·28
IX	246	0·74	1·35
X	319	0·77	1·30

Zu 4. **Biloculina Bradyi,**

sind die Bestimmungspunkte von Rhumbler nicht angegeben.

$(n+1):n$ ergibt fast konstant 1·28, ausgenommen jene Kammern der *B*-Form, welche der Embryonalkammer der *A*-Form entsprechen und bis zum Sternchen der Kurve *B* reichen.



H. Przibram

Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien.

Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



TAFEL III.

Wachstum: 1. Protozoa.

Fig. 1. Frontonia leucas, Kultur bei 25° C.
Das Infusor von oben gesehen.
1 *A*. Das Tier eingezeichnet in das zur Berechnung des Volumens dienende Parallelopiped,
ab Länge = 264 bis 289 μ
cd größte Breite = 150 μ
ef Höhe = 130 μ.

Kurve: Abszisse 5 *mm* = 1 Stunde (Zeit 0 u. 17 Teilung).
Ordinaten Vergleichszahlen der Volumina, berechnet aus dem Produkt der drei in 1 *A* eingezeichneten Dimensionen, ohne absoluten Wert, relativer Wert des Plasmas (obere Kurve) zum Kerne (untere Kurve). (Nach Popoff und Richard Hertwig.)

Fig. 2. Paramaecium caudatum, Pantoffeltierchen, von oben gesehen,
2 *A*. dasselbe in Teilung begriffen.

Kurve: Abszisse 4 *mm* = 1 Stunde,
Ordinaten 1 *mm* = 3·2 μ Tierlänge;

Kurve *A*: ebenso, jedoch Tierbreite. (Nach Jennings.)

Fig. 3. Triloculina rotunda, Querschnitt durch die Foraminifere.

Kurve: Abszisse 3 *mm* = Kammerbildungsintervall, ohne Rücksicht auf die (nicht bekannte) Zeit.
Ordinaten 1 *mm* = 10 μ Kammerbreite.
Römische Ziffern geben die Kammerreihenfolge an. (Nach Iterson.)

Fig. 4. Biloculina Bradyi, Querschnitte durch die in zwei Formen (*A* und *B*) auftretende Foraminifere.
A Makrosphärische Form.
B Mikrosphärische Form.

Kurve: Abszisse 3 *mm* = Kammerbildungsintervall, ohne Rücksicht auf die (nicht bekannte) Zeit.
Ordinaten 1 *mm* = 40 μ Kammerbreite.
Römische Ziffern geben die Kammerreihenfolge an. (Nach Rhumbler.)

Tabellen für die Kurvenpunkte der Tafel IV.

Zu 1. **Daphnia magna.**

Linke Kurve.		Rechte Kurve.	
Körperlänge μ	Zellenlänge μ	Häutung	Körperlänge μ
(32 bis 36) × 32	5·3000 × 3·85	I.	36 × 32
(37 „ 41) × 32	5·8333 × 3·85		
(42 „ 46) × 32	7·7900 × 3·85		
(47 „ 51) × 32	8·0500 × 3·85	II.	48 × 32
(52 „ 56) × 32	9·4733 × 3·85		
(57 „ 61) × 32	8·4357 × 3·85	III.	59 × 32
(62 „ 66) × 32	8·5957 × 3·85		
(67 „ 71) × 32	10·2667 × 3·85		
(72 „ 76) × 32	10·7611 × 3·85		
(77 „ 81) × 32	11·0267 × 3·85		
(82 „ 86) × 32	10·9533 × 3·85	IV.	84 × 32
(87 „ 91) × 32	9·1000 × 3·85		
(92 „ 96) × 32	9·0000 × 3·85		
(97 „ 101) × 32	10·0364 × 3·85		
(102 „ 106) × 32	10·3167 × 3·85		

Zu 2. **Homarus europaeus.**

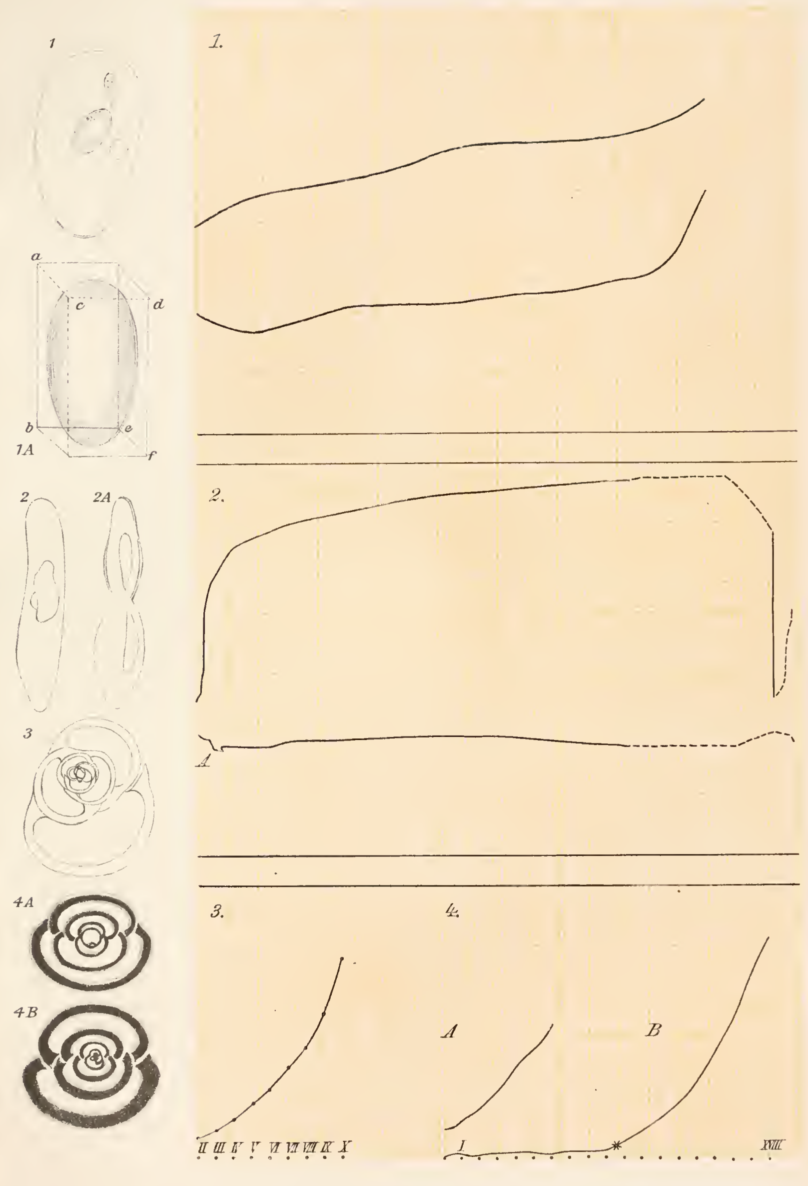
Stadium	Alter in Tagen	Körperlänge *mm*	Stadium	Alter in Tagen	Körperlänge *mm*
1.	0	7·5	5.	$40^1/_2$	17
2.	4	10·5	6.	$64^1/_2$	19
3.	$7^1/_2$	13	7.	$94^1/_2$	21·5
4.	$17^1/_2$	15·5	8.	$124^1/_2$	24

Zu 3. **Carcinus maenas.**

Stadium	Länge *mm*	Breite *mm*	Stadium	Alter in Tagen von der Metamorphose an	Länge *mm*	Breite *mm*
Zoëa I.	1·4		Megalops		1·43	0·93
„ II.	2		Krabbe 1	0	1·69	1·60
„ III.	2·35		„ 2	18	2·15	2·32
„ IV.	3		„ 3	44	2·75	3·09
Megalops	1·15	1·5	„ 4	75	3·51	3·59
Krabbe 1	1·7	1·7	„ 5	165	(4·6)	(5·2)
„ 2	2·4	2·2	„ 6	250	5·7	6·7
„ 3	3·4	3·1	„ 7	294	7·5	8·9
„ 4	3·9	3·3	„ 8	327	9·6	11·6
			„ 9	357	12·4	15·5

Nach Williamson. (left half of the table)

Nach Brook. (right half of the table)



H. Przibram.
Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien.
Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



TAFEL IV.

Wachstum: 2. Crustacea.

Fig. 1. Daphnia magna, Wasserfloh;
a—b Körperlänge, schematisch dargestellt.

Linke Kurve: Korrelation der Körperlänge, mit der Zellänge gemessen durch den Diameter von 10 rautenförmigen Kutikularschildchen.
Abszisse: 1 *mm* = 32 μ Körperlänge;
Ordinaten: 1 *mm* = 3·85 μ Zellänge. (Nach Warren.)

Rechte Kurve: Zunahme der Körperlänge mit den Häutungen (ohne Rücksicht auf Zeit).
Abszisse: 5 *mm* = 1 Häutungsintervall;
Ordinaten: 1 *mm* = 10·7 μ. (Römische Ziffern geben die Aufeinanderfolge der Häutungen an.)

Fig. 2. Homarus europaeus, Hummer, Entwicklungsreihe der sieben ersten Stadien von oben, *a—b* Körperlänge.

Linke Kurve: Längenzunahme mit der Zeit.
Abszisse: 1 *mm* = 2 Tage;
Ordinaten: 1 *mm* = 0·40 *mm* (400 μ) Gesamtlänge. (Nach Ehrenbaum.)

Rechte Kurve: Längenzunahme von Häutung zu Häutung (ohne Rücksicht auf die Zeit).
Abszisse: 5 *mm* = 1 Häutungsintervall. (Römische Ziffern geben die Aufeinanderfolge der Häutungen an.) Das Sternchen im Häutungspunkte IV bezeichnet das Stadium, welches das Bodenleben aufzunehmen pflegt und die erste Entwicklung der Scherenverschiedenheit aufweist.

Fig. 3. Carcinus maenas, Taschenkrebs, Zoea I von der rechten Seite, daneben rechts Zoea I bis IV natürlicher Größe. (Nach Williamson.)

Kurve: Längenzunahme gemessen an der Entfernung der Rostralspitze (*a*) von der Dorsalstachelspitze (*b*) (ohne Rücksicht auf Zeit).
Abszisse: 10 *mm* = 1 Häutungsintervall;
Ordinaten: 1 *mm* = 0·1 *mm*.
3 *A*. Megalopsstadium von oben, daneben r. natürl. Gr.,
3 *B*. Verwandelte Krabbe von oben, daneben r. natürl. Gr. (Beide nach Williamson.)

Ausgezogene obere Kurve *B*: Längenzunahme (*a—b*),
Abszisse: 1 *mm* = 4 Tage;
Ordinaten: 1 *mm* = 0·2 *mm*.

Ausgezogene untere Kurve *B*: Längenzunahme der Häute (sonst ebenso).

Unterbrochene obere Kurve *B*: Breitenzunahme (*c—d*), (sonst ebenso).

Unterbrochene untere Kurve *B*: Breitenzunahme der Häute (sonst ebenso). (Nach Brook Tier *B*.)

Kurve *C*: Längenzunahme ohne Rücksicht auf Zeit.
Abszisse: 5 *mm* = 1 Häutungsintervall;
Ordinaten: 1 *mm* = 0·2 *mm*.
(Römische Ziffern geben in allen Kurven der Fig. 3 Aufeinanderfolge der Häutungen, punktierte Kurven den Verlauf einer Exponentialkurve mit dem Exponenten $1{\cdot}26 = \sqrt[3]{2}$ an.)

Tabellen für die Kurvenpunkte der Tafel V.

Zu 1. **Sphodromantis bioculata.**

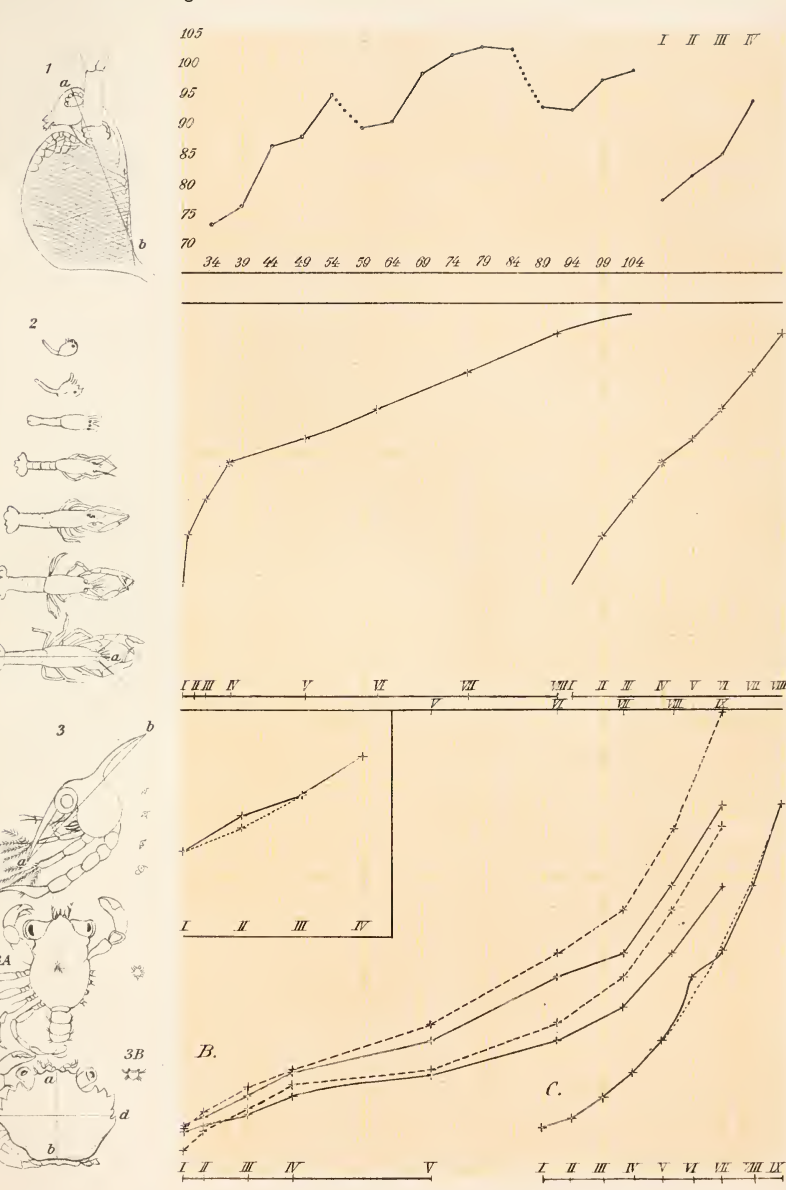
Häutung	Alter in Tagen	A. Prothoraxlängen *mm*				B. Gewichte $10^{-5} g$			
		a) Haut		*b*) Tier		*a*) Haut		*b*) Tier	
I	0	—	—	2·26	(2·76)	—	—	473	(362)
II	14	2·30	(2·77)	3·03	(3·47)	15	(15)	947	(728)
III	29	3·11	(3·48)	3·99	(4·36)	24	(29)	1893	(1670)
IV	42	4·04	(4·38)	5·49	(5·49)	47	(58)	3787	(3765)
V	58	5·51	(5·52)	7·13	(6·91)	99	(117)	7575	(7642)
VI	72	7·06	(6·95)	9·60	(8·70)	209	(235)	15151	(15503)
VII	86	9·40	(8·75)	12·66	(10·96)	491	(471)	30202	(38993)
VIII	107	12·04	(11·02)	16·21	(13·80)	1254	(942)	60405	(70122)
IX	149	14·91	(13·88)	19·36	(17·38)	2441	(1885)	120810	(148072)
X	188	17·49	17·49	21·90	21·90	3770	3770	241621	241621

(Die eingeklammerten Zahlen sind berechnete Werte, bei *a* durch fortgesetzte Division der letzten Zahl durch $1{\cdot}26 = \sqrt[3]{2}$, bei *b* durch fortgesetzte Division der letzten Zahl durch 2 erhalten. Vgl. Text.)

Zu 2. **Bombyx mori.**

Stadium	Alter in Tagen	Kohlensäureausscheidung für je 2 Tage *g*	Stadium	Alter	Stickstoff *g*	Gewicht *g*	*)
Eier	9	0·1940	Raupen	0	0·012	0·375	(0·364)
„	11	0·2250		1	0·022	0·574	
„	13	0·1870		2	0·030	1·061	
„	16	0·3710		3	0·039	1·772	
„	18	0·2995		4	0·047	2·345	
„	20	0·3730		5	0·071	3·766	
„	23	0·6410	Häutung I	6	0·085	4·574	
„	26	0·6230	Häutung I	7	0·094	5·157	(5·832)
				8	0·134	7·676	
Ausschlüpfende Raupen	26 + 0	—		9	0·157	9·892	
Häutung II	6	30		10	0·224	16·97	
Häutung II	7	16		11	0·381	24·93	
Häutung II	8	23		12	0·490	32·40	
	9	23	II	13	0·504	34·70	(46·66)
	10	24		14	0·672	43·76	
	11	38		15	0·756	51·68	
	12	47		16	1·01	77·38	
	13	47		17	1·46	108·3	
III	14	55		18	2·02	148·6	
III	15	27	III	19	2·13	172·4	
III	16	57	III	20	2·24	174·6	(186·62)
	17	63		21	2·31	186·8	
	18	157		22	3·43	255·0	
	19	157		23	3·55	348·6	
	20	173		24	6·66	466·4	
IV	21	143		25	9·24	698·7	
IV	22	95		26	11·48	814·2	
IV	23	116	IV	27	11·66	816·0	
	24	248	IV	28	10·92	746·5	746·5
	25	418		29	13·72	877·2	
	26	650		30	15·68	1127	
	27	803		31	18·76	1362	
	28	1078		32	26·60	1785	
Purgation	29	1240		33	44·10	2775	
Spinnen des Kokons	30	1090		34	60·90	3332	
Spinnen des Kokons	31	1015		35	91·10	4404	
			Purgation	36	68·60	3179	
			Purgation	37	69·30	2676	
			Spinnen des Kokons	38	59·36	2214	
			Spinnen des Kokons	39	37·24	1838	
			Spinnen des Kokons	40	32·48	1615	

*) Die eingeklammerten Zahlen sind berechnete Werte, welche durch fortgesetzte Division des Wertes für die IV. Häutung durch Potenzen von 2 gewonnen wurden. (Vgl. Przibram 1912.)



H. Przibram. Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien.

Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



TAFEL V.

Wachstum: 3. Hexapoda.

Fig. 1. Sphodromantis bioculata, Ägyptische Gottesanbeterin, Larven nach der 1., 3., 6. und 8. Häutung von oben,

1 H abgeworfene Haut,

1 J Imago; alle Figuren nat. Gr., *a—b* Prothoraxlänge, die Beine der linken Körperhälfte weggelassen.

Kurven: 0-Punkte der folgenden Buchstabenbezeichnung geben den Zeitpunkt des Ausschlüpfens der Larven aus dem Eikokone = Häutung I an.

Aa. Prothoraxlängen der Häute.

Punktierte Kurve: Zunahme mit der Zeit.

Abszisse 0·27 *mm* = 1 Tag; Ordinaten 1 *mm* = 0·2 *mm* Pr.-Länge.

Ausgezogene Kurve: Ohne Rücksicht auf Zeit.

Abszisse 5 *mm* = 1 Häutungsintervall, Ordinaten wie vorige.

Ab. Prothoraxlängen der Tiere während des Lebens.

Punktierte Kurve: Zunahme mit der Zeit.

Abszisse 0·27 *mm* = 1 Tag; Ordinaten 1 *mm* = 0·2 *mm* Pr.-Länge.

Ausgezogene Kurve: Ohne Rücksicht auf Zeit.

Abszisse 5 *mm* = 1 Häutungsintervall, Ordinaten wie vorige.

Ba. Gewichte der abgeworfenen Häute.

Punktierte Kurve: Zunahme mit der Zeit.

Abszisse 0·18 *mm* = 1 Tag; Ordinaten 1 *mm* = 0·033 *mg*.

Ausgezogene Kurve: Ohne Rücksicht auf Zeit.

Abszisse $3^1/_3$ *mm* = 1 Häutungsintervall, Ordinaten wie vorige.

Bb. Gewichte der Tiere während des Lebens.

Punktierte Kurve: Zunahme mit der Zeit.

Abszisse 0·27 *mm* = 1 Tag; Ordinaten 1 *mm* = 5 *mg*.

Ausgezogene Kurve: Ohne Rücksicht auf die Zeit.

Abszisse 5 *mm* = 1 Häutungsintervall, Ordinaten wie vorige. (Nach Przibram und Megušar.)

Fig. 2. Bombyx mori, Seidenspinner (keine Abbildung).

Linke obere Kurve: Kohlensäureabgabe von 67·955 *g* Eiern, *A* = Ausschlüpfen, V = Verpuppung..

Abszisse 1 *mm* = 1 Tag, Ordinaten für die Raupen willkürl. Verhältniseinheiten. (Nach Luciani und Piutti.)

Rechte untere Kurven: Strich-Punkt: Stickstoffvermehrung im Körper von 1000 Raupen mit der Zeit.

Abszisse 1·8 *mm* = 1 Tag, Ordinaten 1 *mm* = 1 *g*.

Unterbrochen: Gewichtszunahme von 1000 Raupen mit der Zeit.

Abszisse 1·8 *mm* = 1 Tag, Ordinaten 1 *mm* = $16^2/_3$ *mg*. (Nach Luciani und Lo Monaco.)

Ausgezogen: Ohne Rücksicht auf Zeit.

Abszisse 6 *mm* = 1 hypothetischer Teilungsschritt, Ordinaten wie vorige.

Kreuzchen in allen rechten unteren Kurven = Häutungen.

Tabellen für die Kurvenpunkte der Tafel VI.

Zu 1. **Echinus.** **Strongylocentrotus.**

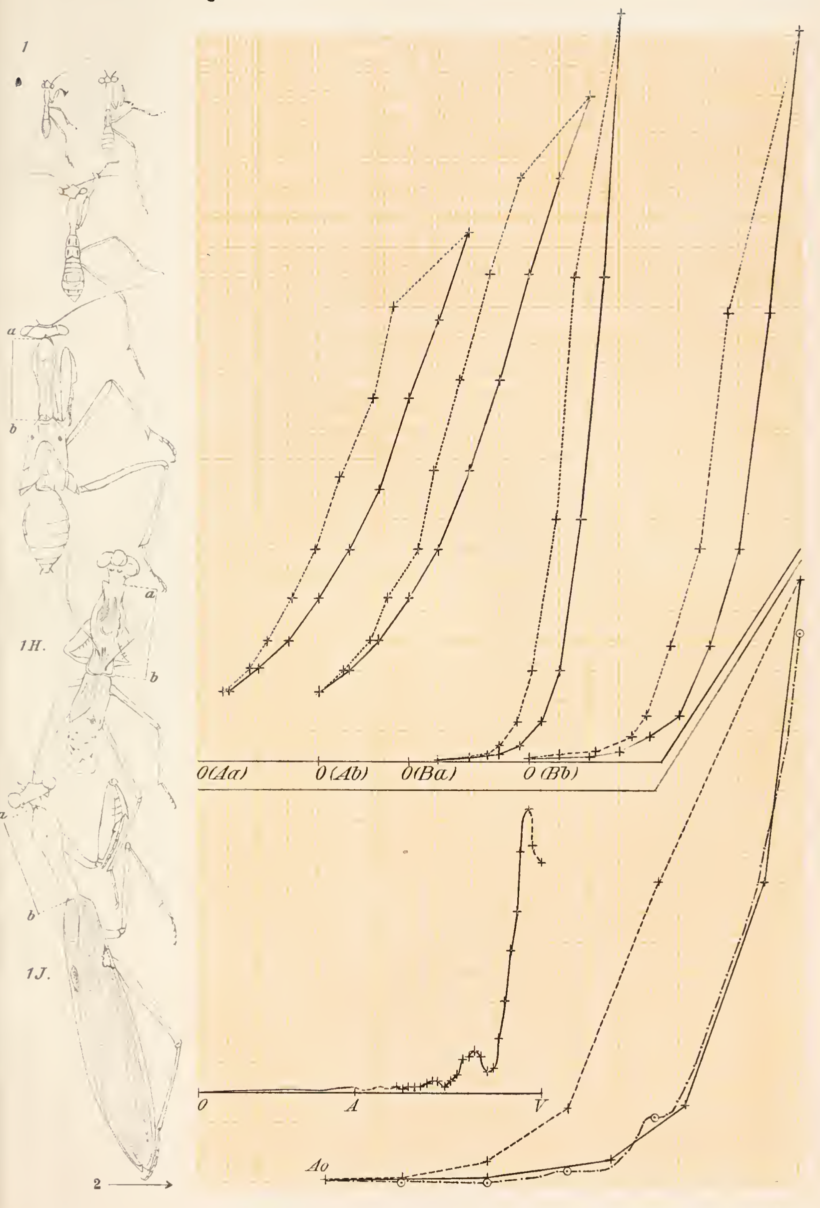
Stadium	Alter in Stunden	Länge *mm*	Stadium	Alter in Tagen	Länge *mm*
A Blastula . . .	10	0·1125	*F* Pluteus . . .	3	0·2084
B Mesenchymblastula	18	0·1333	" . . .	4	0·2205
Invaginationsbeginn . . .	19·33	0·1292	" . . .	5	0·2233
C Urdarmbildung	21	0·1250	" . . .	6	0·2248
"	22	0·1167	" . . .	8	0·2300
"	23·33	0·1125	" . . .	10	0·2325
"	24	0·1250	" . . .	14	0·2370
D Eckige Gastrula	33·33	0·1292	" . . .	16	0·2409
Pluteus	34·33	0·1333	Beginn der Verwandlung zur Imago.		
E "	42·67	0·1333			
" . . .	45	0·1500			

Zu 2. **Holothuria floridana.**

Alter in Tagen	Länge *mm*	Durchmesser *mm*	Volumen mm^3	Alter in Tagen	Länge *mm*	Durchmesser *mm*	Volumen mm^3
5	0·33	0·28	0·0102	30	1·00	0·48	0·0905
7	0·31	0·25	0·0076	33	1·40	0·45	0·1113
9	0·30	0·27	0·0086	40	1·65	0·65	0·2737
10	0·27	0·27	0·0077	42	2·00	0·68	0·3632
11	0 40	0·26	0·0106	45	1·70	0·93	0·5773
12	0·42	0·24	0·0095	49	2·30	0·68	0·4176
13	0·47	0·23	0·0097	51	2·10	0·90	0·6680
14	0·41	0·20	0·0064	53	2·05	0·72	0·4173
15	0·37	0·18	0·0046	55	2·30	0·85	0·6525
18	0·34	0·30	0·0120	67	2·30	0·90	0·7316
19	0·34	0·33	0·0145	71	2·95	0·95	1·0454
20	0·42	0·30	0·0148	75	4·00	0·95	1·4175
22	0·36	0·32	0·0145	(Später Abnahme infolge ungenügender Nahrung.)			
24	0·50	0·32	0·0101				

Zu 3. **Limnaeus.** Zu 4. **Loligo.**

Alter in Tagen	Länge *mm*	Alter in Tagen	Alter in Jahren	Durchschn. Länge *mm*
1	2	0 (2. Juniwoche)	0	—
25	9	14		30
37	18	21		39
48	21	60		59
55	23	90		71
64	23·75	132		82
		139		80
		360	I	81
		390		170
		720	II	219
		1080	III	362
		(Letzter Punkt nicht mehr in Kurve.)		



H. Przibram.
Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien.
Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



TAFEL VI.

Wachstum: 4. Echinodermata et Mollusca.

Fig. 1. Seeigel, *a—b* Längen der animal-vegetativen Achse.

A bis *E*. Echinus microtuberculatus, fünf Entwicklungsstadien, bis zur Ausbildung des Pluteus.

Kurve: Abszisse 6 *mm* = 1 Tag ($^1/_4$ *mm* = 1 Stunde).
Ordinaten 1 *mm* = 0·05 *mm* Länge. (Nach Schmidt 1904.)

F. Strongylocentrotus lividus, Pluteus. (Nach Vernon.)
(Fortsetzung der vorigen Kurve; das nicht ausgezogene Stück ist nicht aus experimentellen Daten gewonnen und nicht ganz richtig, insofern die beiden Seeigelarten nicht ganz gleich große Entwicklungsstadien gleichen Alters aufweisen dürften.)

Fig. 2. Holothuria floridana, Seewalze.

A bis *E*. Entwicklungsstadien, *a—b* Länge, *c—d* Breite, *e—f* Höhe.

Kurven: Abszisse 1 *mm* = 1 Tag (*O* Besamung, *A* Ausschlüpfen).
Ordinaten, punktierte K. 1 *cm* = 1 *mm* Totallänge *a—b*.
Ordinaten, unterbrochene K. 1 *cm* = 1 *mm* Durchmesser *cd* oder *ef*.
Ordinaten, ausgezogene K. 5 *cm* = 1 mm^3 Volumen. (Nach Edwards.)

Fig. 3. Limnaeus stagnalis, Spitzschlammschnecke.

A bis *D*. Wachstum der Gehäuse, Länge *a—b*.

Kurve: Abszisse 1 *mm* = 12 Stunden (2 *mm* = 1 Tag).
Ordinaten 1 *mm* = 1 *mm* Länge. (Nach Semper.)

Fig. 4. Loligo Pealii, Kalmar, schematische Abbildung des ganzen Tieres. Wachstum im Freiland.

Kurve: Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.
Ordinaten 1 *mm* = 1 *cm* Länge. (Nach Verrill.)

Zu 1. CO_2 (Eier.) **Salmo fario.** Postembryonale Längen und Breiten.

Alter in Tagen	*mg*	Alter in Tagen	Gesamt *a—b*	Auge *e—f*	Kopf *a—g*	Vordere Dorsale *i—k*	Ventrale Flosse	Hintere Dorsale *k—l*	Caudale *m—b*	Caudale Breite	Gesamt *c—d*
1	7·8	49	18·4	1·46	3·60	2·20	1·73	1·43	1·45	2·20	*)
2	13·9	63	23·9	1·89	5·34	3·27	2·57	1·55	2·52	3·43	4·31
3	24·4	77	28·5	2·15	6·81	(4·48)	(3·41)	1·99	3·74	4·85	5·16
4	24·8	92	31·9	2·62	7·92	(4·25)	(3·25)	2·21	4·46	5·99	6·30
5	30·2	106	35·8	2·81	8·73	3·81	2·96	2·48	4·89	6·33	6·72
6	47·7										
7	50·6										

Durchschnitte aus je 200 Exemplaren, sämtlich in *mm* (eingeklammert Irrtum).
Kurve bloß für *a—b* gezeichnet.

*) Der Dottersack verhindert die genaue Messung.

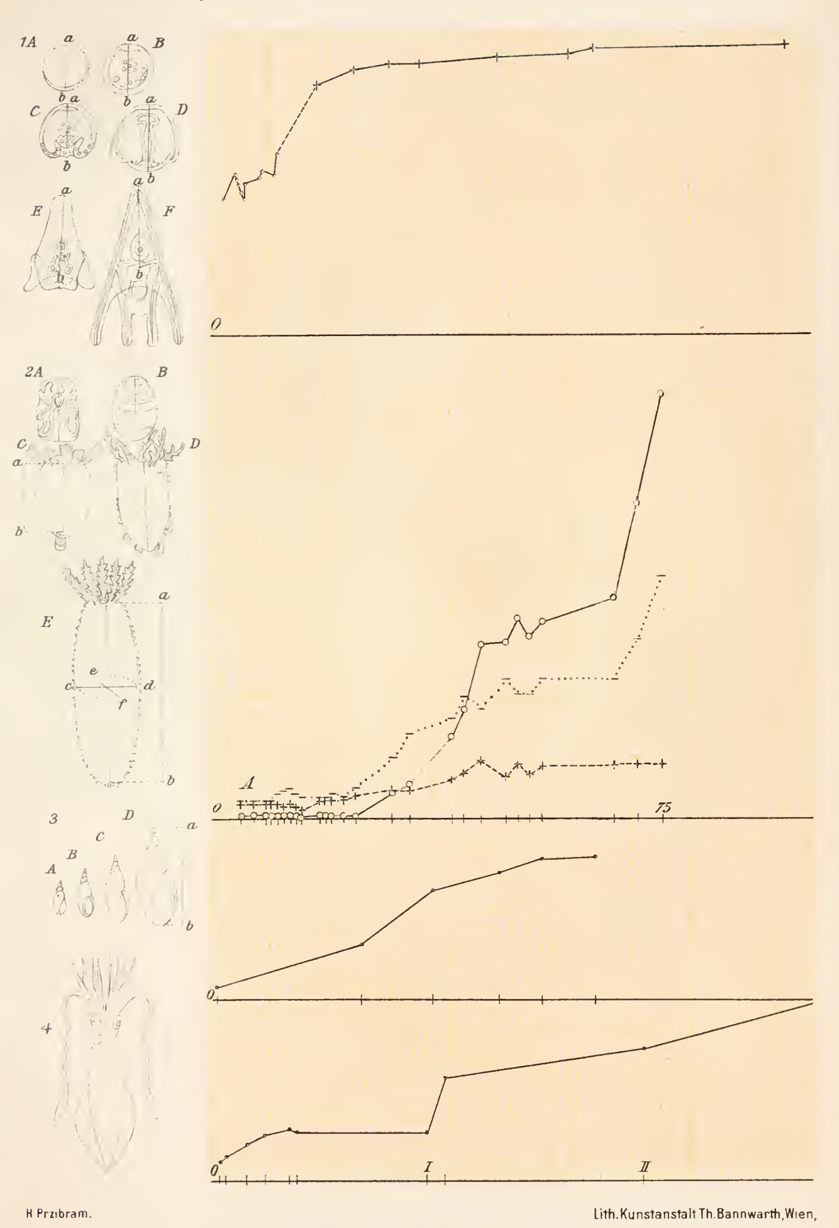
Zu 2. **Salmo salar.** Zu 3. **Cyprinus carpio.**

Länge			Gewicht		
Alter in Monaten	Alter in Tagen	*mm*	Alter in Monaten	Alter in Tagen	*g*
I	30	24			
III	90	35			
VI	180	70	V	150	42·2
XII	360	140	XVII	510	472·4
XXVIII	840	300	XXIX	870	1543·0

Zu 4. **Rana fusca.**

Stadium	Alter in Tagen	Länge *mm*	Davon Schwanz *mm*	Volumen mm^3	Gewicht *mg*	Asche *mg*	Organische Substanz *mg*	Wasser *mg*
Embryo	6	3·75		5·0	3·9	0·1	1·2	2·6
"	7	4·5		5·0	4·3	0·1	1·3	2·9
Ausschlüpfen	8	5·5		5·0	4·1	0·1	1·2	2·8
	9	7		6·3	5·3	0·1	1·3	3·9
	10	9		6·3	6·3	0·1	1·4	4·8
	11	11		8·8	9·3	0·1	1·3	7·9
	14	13		15·0	15·4	0·1	1·2	14·1
	17	15		31·0	30·8	0·2	1·8	28·8
	20	17	11	39·0	36·2	0·2	1·8	34·2
	23	19	12	52·6	50·8	0·4	2·6	47·8
	27	20	12·5	72·6	69·8	0·6	3·0	66·2
	32	22	14	96·8	94·4	0·6	4·2	89·6
Mit Hinterbeinen	40	30	19	175·0	172·6	1·2	7·4	164·0
	54	35	23	320·0	332·0	3·2	21·2	307·6
	78	40	26	632·7	625·0	8·0	41·0	576·0
Reife Vorderbeinknospen	83	45	30	616·0	590·7	8·3	50·0	532·4
Verwandlung	87	14	0	333·0	288·0	4·3	29·7	254·0
1/2 jähr. Frosch	180	22		1232·1	1126·6	23·3	155·5	947·8
1 1/2 jähr. Frosch	540	30		2164·5	2125·6	55·6	380·6	1689·4
5 jähr. Frosch	1800			30000·0	26894·0	1109·0	5239·0	20546·0

(Alle Werte für Durchschnitte aus je zehn Tieren.)



H Przibram.

Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien,

Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



TAFEL VII.

Wachstum: 5. Pisces et Amphibia.

Fig. 1. Salmo fario, Forelle, 4 Wochen alt, noch mit Dottersack behaftet.

Kurve *A*: Kohlensäureproduktion im Ei.
Abszisse 5 *mm* = 1 Tag (römische Ziffern Tage).
Ordinaten 1 *mm* = 1 *mg*. (Nach Tangl und Farkas.)

Kurve *B*: Länge der ausgeschlüpften Embryonen *a—b*.
Abszisse 1 *mm* = 1 Tag (Befruchtung *O* Tage).
Ordinaten 1 *mm* = 1 *mm* Länge. (Nach Jenkinson.)

Fig. 2. Salmo salar, Lachs, schematische Abbildung, *a—b* postembryonale Länge.
Abszisse 1 *mm* = 10 Tage (Befruchtung *O* Tage).
Ordinaten 1 *mm* = 1 *cm* Länge (= 10 *mm* Länge). (Nach Costa in Leonhardt).

Fig. 3. Cyprinus carpio, Karpfen (ohne Abbildung).

Kurve: Gewichtszunahme.
Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.
Ordinaten 1 *mm* = 50 *g*. (Nach Reuß.)

Fig. 4. Rana fusca, Grasfrosch, Entwicklung. (Nach Higginbottom.)

Ausgezogene Kurven: Gewicht, und zwar für:
A Abszisse 1 *mm* = 1 Tag.
Ordinaten 1 *mm* = 1 *mg*.
B Abszisse 1 *mm* = 1 Tag.
Ordinaten 1 *mm* = 10 *mg*.
C Abszisse 1 *mm* = 36 Tage (römische Ziffern Jahre).
Ordinaten 1 *mm* = 100 *mg*.

Unterbrochene Kurve *C*: Trockensubstanzgewicht (Summe aus Asche und organischer Substanz. (Nach Schaper, ähnliche Angaben bis zum 84. Tage finden sich auch in Davenport 1897.)

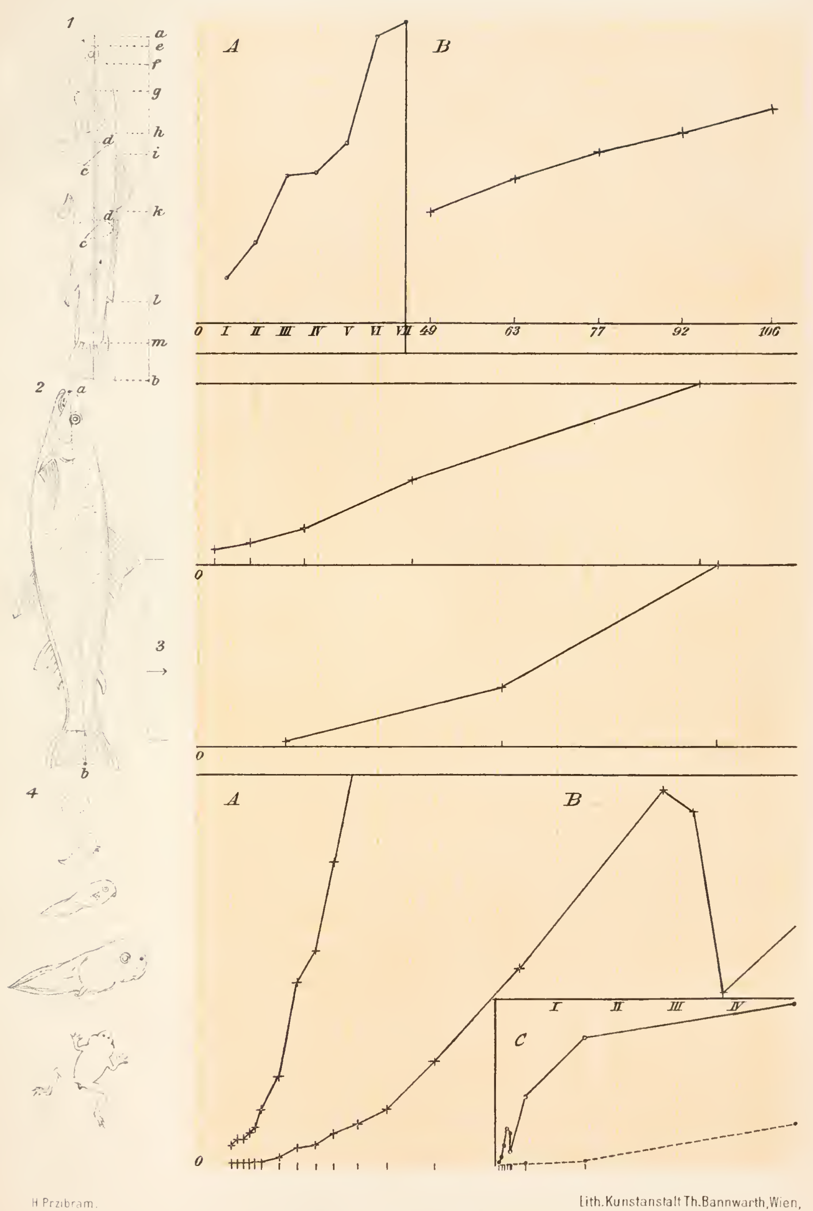
Tabellen für die Kurvenpunkte der Tafel VIII.

Zu 1. Embryo. — **Gallus domesticus.** — Henne.

Alter in Tagen	CO_2-Produktion B		Gewicht A g	Alter in Tagen	Gewicht g	Alter in Tagen	Gewicht g	Alter in Tagen	Gewicht g
	$n \times 24\,g$ pro Tag	$n \times 24\,g$ Summe							
1	0·477	0·477		21 + 0	39·0	21 + 27	169·5	21 + 66	579·9
2	0·108	0·585		1	40·7	28	177·0	68	607·6
3	0·063	0·648	0·004	2	40·1	29	181·0	70	627·6
4	0·253	0·901	0·054	3	41·2	30	189·9	74	692·2
5	0 443	1·344	0·155	4	44·0	31	207·0	78	707·0
6	0·747	2·091	0·373	5	47·9	32	216·6	80	771·1
7	0·841	2·932	0·615	6	52·4	33	223·4	82	824·0
8	1·233	4·165	1·200	7	58·5	34	238·5	86	865·5
9	1·547	5·712	2·040	8	59·4	35	248·1	90	886·6
10	1·972	7·684	2·890	9	63·0	36	257·1	98	1021·6
11	2·546	10·230	4·366	10	72·1	37	264·2	102	1122·6
12	4·359	14·589	5·674	11	76·2	38	281·7	106	1194·0
13	6·122	20·711	7·543	12	79·1	39	287·9	110	1217·7
14	7·618	28·329	10·005	13	83·5	40	299·2	120	1324·1
15	9·923	38·252	12·285	14	88·7	42	321·5	125	1404·4
16	12·198	50·450	15·210	15	95·5	44	342·7	130	1436·5
17	15·201	65·651	17·500	16	110·0	46	355·1	135	1510·9
18	15·141	80·792	21·545	17	109·5	48	376·3	140	1557·0
19	15·117	95·909	23·37	18	117·2	50	383·0	192	1973·2
20	14·767	110·676	31·82	19	124·4	52	401·1	197	2068·2
21			34·57	20	133·9	54	428·7	202	2068·9
				21	139·5	58	426·0	335	2159 5
				22	142·4	60	496·6	341	2123·1
				23	154·6	62	531·9	21 + 351	2191·9
				26	144·0	64	534·2		

Zu 2. **Caprimulgus europaeus.**

Alter in Tagen	Gewicht g	Alter in Tagen	Gewicht g
19	9	29	50
20	11·75	30	55
21	13	31	56
22	18	32	53
23	23	33	58
24	29	34	60
25	31·5	39	64
26	41·5	44	69
27	48·5	50	68
28	49	72	87



H. Przibram. Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien.

Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



TAFEL VIII.

Wachstum: 6. Aves.

Fig. 1. Gallus domesticus, Haushuhn. *A* geöffnetes Ei mit dem Embryo am dritten Bebrütungstage, von oben, *a—b* Embryonallänge. *B* Embryo am 18. Tage, von der rechten Seite, aus dem Ei genommen, mit dem Dottersack. (Nach Preyer.)

Kurven: 1. Gewicht von der Eiablage (0) bis zum 18. Bebrütungstage (nach Hasselbalch), vom 19. bis zum 21., letzten Bebrütungstage (nach Falck) und für die ausgeschlüpfte Henne vom 21. + 0., bis zum 21. + 351. Tage. (Nach Minot 1908).

Abszisse 1 *mm* = 4 Tage ($^1/_4$ *mm* = 1 Tag).

Ordinaten 0·9 *mm* = 1 *g*.

Kurve 1 *A*. Das embryonale Wachstumsstück 10mal stärker vergrößert dargestellt.

Abszisse 1 *mm* = 0·4 Tage.

Ordinaten 9 *mm* = 1 *g*.

Kurve 1 *B*. Kohlensäureabscheidung.

Abszisse 1 *mm* = 0·4 Tage.

Punktierte Kurve: Kohlensäureabscheidung an aufeinander folgenden Tagen.

Ordinaten 1 *mm* = 2·4 *g*. (Nach Hasselbalch.)

Ausgezogene Kurve: Summe der Kohlensäureabscheidung bis zu dem betreffenden Tage.

Ordinaten 1 *mm* = 24 *g*.

Fig. 2. Caprimulgus europaeus, Ziegenmelker. (Zeichnung des erwachsenen Vogels 2 *B* nach Brehm.)

A, 3 Tage alter Vogel (nach Photographie von Heinroth).

Gewicht von der Eiablage (0.) bis zum 87. Lebenstage. (Ausschlüpfen am 19. Tage der Bebrütung.)

Kurve: Abszisse 1 *mm* = 1 Tag.

Ordinaten 1 *mm* = 1 *g*. (Nach Heinroth.)

Tabellen für die Kurvenpunkte der Tafel IX.

Zu 1. (a = Geburt.) **Cavia cobaja.** (Von Geburt an höhere Abszisse.)

Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g
0 + 16	0·01	67 + 15	132·2	67 + 40	249·8	67 + 165	591·2	67 + 365	821·8
21	0·12	16	136·9	45	275·1	170	602·6	385	751·7
29	1·23	17	142·0	50	294·9	175	591·9	390	745·9
36	3·66	18	146·2	55	309·6	180	606·7	395	780·8
43	12·08	19	154·1	60	328·0	185	610·2	415	772·7
50	25·39	20	158·5	65	343·7	190	618·8	420	725·7
59	65·69	21	162·3	70	363·0	195	629·4	425	776·5
64	83·99	22	169·0	75	382·4	200	627·4	445	828·9
a = 67	87·2	23	173·5	80	405·9	205	650·3	450	771·0
		24	177·6	85	416·7	210	660·7	455	808·6
67 + 0	70·8	25	181·0	90	438·8	215	682·5	475	829·2
1	68·9	26	189·9	95	447·3	235	648·0	480	782·4
2	70·0	27	192·9	100	466·0	240	680·8	485	867·4
3	73·4	28	197·6	105	535·0	245	665·9	505	810·7
4	77·3	29	203·4	110	482·2	265	712·9	510	762·0
5	82·6	30	209·9	115	511·4	270	743·5	515	789·2
6	88·3	31	212·2	120	523·7	275	750·2	535	775·6
7	91·3	32	214·7	125	529·2	295	741·7	540	743·6
8	95·7	33	220·1	130	537·6	300	779·4	545	807·4
9	100·8	34	223·5	135	527·6	305	737·5	570	755·1
10	105·4	35	226·0	140	530·1	325	756·8	600	778·1
11	107·6	36	231·5	145	541 3	330	744·4	630	767·3
12	115·9	37	235·3	150	570·9	335	782·2	660	776·7
13	121·3	38	239·2	155	552·2	355	792·2	690	783·6
14	125·2	39	245·5	160	574·2	360	784·6	720	787·7

Zu 2. (a = Geburt.) **Lepus cuniculus.** („Riesenbelgier.")

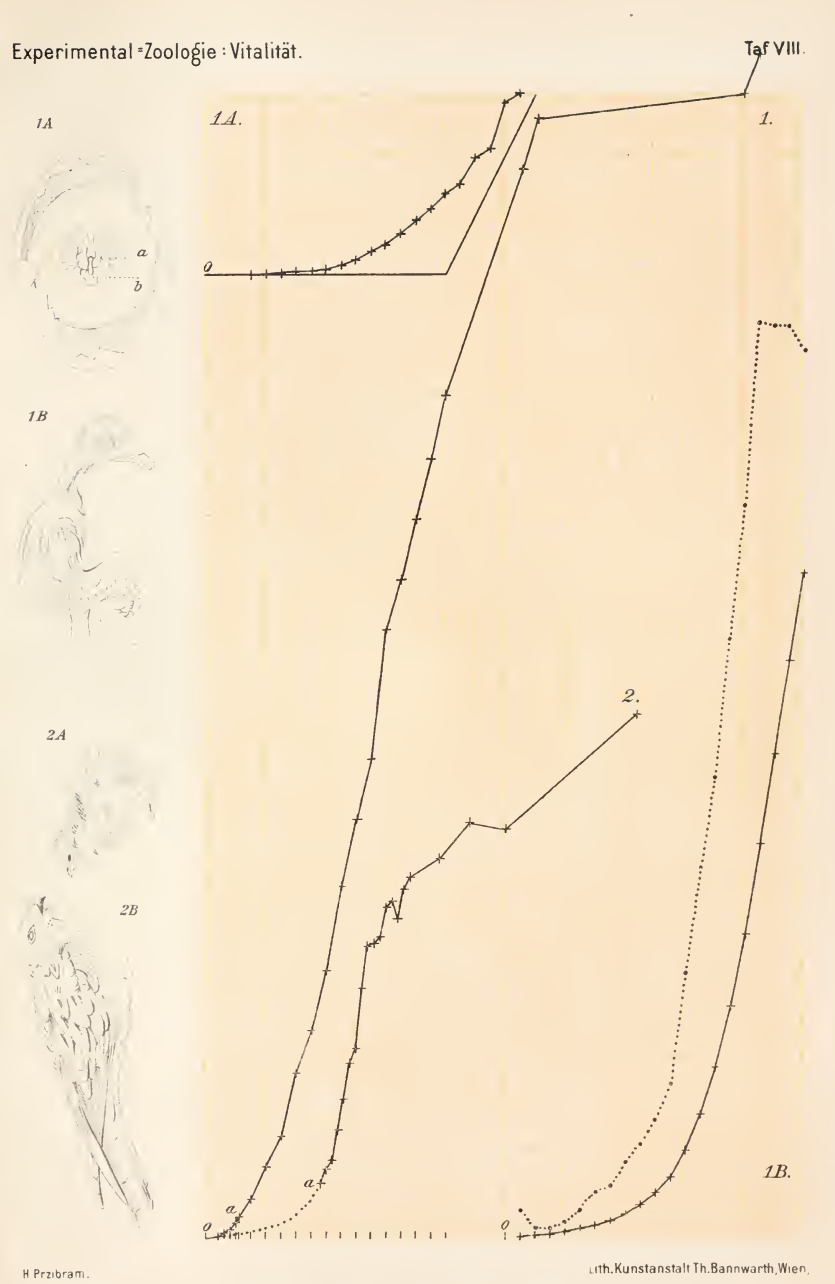
Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g
0	0·000002	5·3	0·021	33	56	42	140	90	2510
0·17	$0·000002_5$	8·3	0·15	34	64·6	43	146	170	4500
0·3	$0·000003_4$	11·3	0·20	35	71·7	44	154	360	5000
0·6	0·000007	18·3	48	36	81	45	162	530	6000
1	0·000011	24	56	37	92	46	172	1000	5000
1·3	0·000018	a {29	70	38	97	47	173	1800	4000
2·6	0·000055	a {30	50·6	39	100	48	170		
3·2	0·000063	31	46	40	120	50	186		
4	0·00095	32	51	41	130	51	200		

Zu 3. (a = Geburt.) **Mus decumanus.** (Albino.) ♂.

Alter Tage	Gewicht g	Länge mm	Alter Tage	Gewicht g	Länge mm	Alter Tage	Gewicht g	Länge mm	Alter Tage	Gewicht g	Länge mm
a=21	5·4	59	17	17·8		58	73·9	141	117	191·4	
21+ 1	5·6		19	19·5		61	81·7		124	197·3	
2	5·8		21	21·2		64	89·1		131	202·5	
3	6·3		23	22·9		67	99·3		138	209·7	
4	6·9		25	25·3	98	70	106·6	165	143	218·3	
5	8·3		27	27·4		73	113·8	166	150	225·4	205
6	9·1		29	29·5		76	121·3		157	227·0	
7	9·2		31	31·8		79	128 2		164	231·4	
8	10·4		34	34·9	109	82	135·0	176	171	235·8	
9	11·3		37	37·8		85	143·8	181	178	239·4	
10	12·2		40	42·2		88	148·4		185	239·8	
11	13·3		43	46 3	121	92	152·3		216	252 9	
12	14·8	76	46	50·5		97	160·0		256	265·4	220
13	15·3		49	56·7	130	102	168·8		365	279·0	
14	15·2		52	62·5		107	177·6		730	308·5	
15	16·5		55	68·5	134	112	183·8	193			

Zu 4. (a = Geburt.) **Mus musculus.**

Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g	Alter Tage	Gewicht g
a = 22	1·25	7	3·50	14	5·39	21	6·81	34	12·67
22 + 1	1·28	8	3·86	15	5·50	22	7·34	37	13 80
2	1 59	9	4·31	16	5·56	23·25	8·84	43	13·93
3	1·94	10	4·61	17	5·62	25	9·50	46	15·43
4	2·30	11	5·00	18 3	5·87	27·25	11·20		
5	2·70	12	5·19	19	6·14	29·25	12·37		
6	3·14	13	5·26	20	6·40	32·25	13·80		



H Przibram.
Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien.
Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



TAFEL IX.

Wachstum: 7. Mammalia (Rodentia).

Fig. 1. Cavia cobaja, Meerschweinchen (Schema).

A Neugeborenes gleicht im Äußern dem Erwachsenen.

Ausgezogene Kurve: Gewicht vom 16. Fötaltage bis zum 67., letzten Fötaltage (nach Hensen 1868) und von der Geburt (*a*) bis zum 67. + 720. Lebenstage (nach Minot 1891). Da Minot eine leichtere Rasse verwendet hat als Hensen, so ist die Abszisse für das postfötale Wachstum entsprechend höher gelegt, so daß die Geburtsgewichte einander entsprechen und die Kurve sich ohne Unterbrechung fortsetzt.

Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.

Ordinaten 1 *mm* = 10 *g*.

Unterbrochene Kurve: Zehnfach größere Darstellung des Fötalwachstums.

Abszisse 1 *mm* = 1 Tag.

Ordinaten 1 *mm* = 1 *g*.

Fig. 2. Lepus cuniculus v., Kaninchen „Riesenbelgier" (ohne Abbbild.*).

Ausgezogene Kurve: Gewicht von der Besamung (0.) bis zum 30., letzten Fötaltage und von der Geburt (*a*) bis zum 30. + 970. Lebenstage. (Nach Friedenthal.)

Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.

Ordinaten 1 *mm* = 100 *g*.

Unterbrochene Kurve: Dreißigfach größere Darstellung des Fötalwachstums.

Abszisse 1 *mm* = $^1/_3$ Tag.

Ordinaten 1 *mm* = $3^1/_3$ *g*.

Fig. 3. Mus decumanus v. albus, Albinotische Wanderratte.

A Neugeboren in sehr unfertigem Zustande (Original).

Ausgezogene Kurve: Gewicht von der Besamung (0.) bis zum 21., letzten Fötaltage und von der Geburt (*a*) bis zum 21. + 730. Lebenstage. (♂ nach Donaldson 1906).

Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.

Ordinaten 1 *mm* = 10 *g*.

Punktierte Kurve: Körperlänge (exklusive Schwanz) . von der Geburt (*a*) bis zu der einem Gewichte von 265 *g* (21 + 256 Tage) korrelierten Größe. (Nach Donaldson 1909.)

Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.

Ordinaten 1 *mm* = 10 *mm* Körperlänge.

Fig. 4. Mus musculus, Hausmaus (ohne Abbild.**).

Kurve: Gewicht, ohne Rücksicht auf Geschlecht, von der Geburt (*a* = 22 Tage) bis zum 22. + 46. Lebenstage (nach Ostwald) und darüber hinaus (120 Tage nach St. Loup). Da St. Loup leichtere Mäuse verwendet hat, so ist die Abszisse für seine Werte höher gelegt, um die Kurve an jene Ostwalds anzuschließen.

Abszisse 1 *mm* = 1 Tag.

Ordinaten 1 *mm* = 1 *g*.

---

*) Vgl. Phylogenese, Tafel II, Fig. 6 *a*.

**) Vgl. Phylogenese, Tafel XIV, Fig. 17 *a*.

Tabellen für die Kurvenpunkte der Tafel X.

Zu 1. (Gewicht.) **Bos taurus.** (Längen in Metern.)

Alter Monate	Stadium	*kg*	*a—b*	*defh*	*cd*	*gh*
$a + 0$	Geburt	37	0·78	0·74	0·37	0·70
1		55·3	0·94	0·87	41	77
2		86·3	1·09	0·99	44	85
3		121·3	1·207	1·11	46	94
4		150·3	1·314	1·19	48	95
5		179 3	1·404	1·266	49	1·040
6		210·3	1·484	1·336	50	1·087
7	Abstillung	247·3	1·524	1·400	51	1·122
8		267·3	1·581	1·450	515	1·147
9		282·8	1·621	1·480	519	1·162
10	Sexualreife	303·7	1·651	1·530	523	1·192
11		327·7	1·694	1·570	533	1·215
12		350·7	1·740	1·610	535	1·238
13		374·7	1·765	1·650	540	1·254
14		391·3	1·785	1·680	544	1·264
15		405·9	1·804	1·700	553	1·270
16		417·9	1 814	1·705	558	1·280
17		423·9	1·832	1·705	562	1·290
18		423·9	1·859	1·705	567	1·297
19		427·9	1·875	1·725	567	1·307
20		437·9	1·884	1·750	567	1 311
21		447·9	1·893	1·775	567	1·321
22	Zahnwechsel	464·4	1·901	1·800	567	1·333
23	eines Paares	480·9	1·909	1·825	567	1·345
24		500·9	1·914	1·841	567	1·352
25		520·9	1·919	1·857	567	1·359
26		534·1	1·924	1·877	567	1·361
27		547·3	1·929	1·897	567	1·363
28		554·5	1·929	1·897	567	1·363
29		561·7	1·929	1·897	567	1·363
30		586·2	1·949	1·912	567	1·383
31	Zahnwechsel	610·7	1·969	1·927	577	1·403
32	zweiten Paares	625·7	1·983	1·941	597	1·420
33		640·7	1·997	1 955	607	1·437
34		655·7	2·011	1·969	0·617	1·454

Zu 2. **Sus.**

Alter Tage	Gewicht *g*
121	1512
122	1563
123	1647
124	1820
126	2144
128	2402
130	2775
133	3433
135	3600
136	4030
138	4444
140	4770
142	5110
144	5480
148	6040

Zu 3. **E. Asinus.**

Alter Tage	Gewicht *g*
356	16600
360	17500
361	18450
362	18570
379	23400
391	32500
395	33000
432	37500
498	52000

Zu 4. **Canis.**

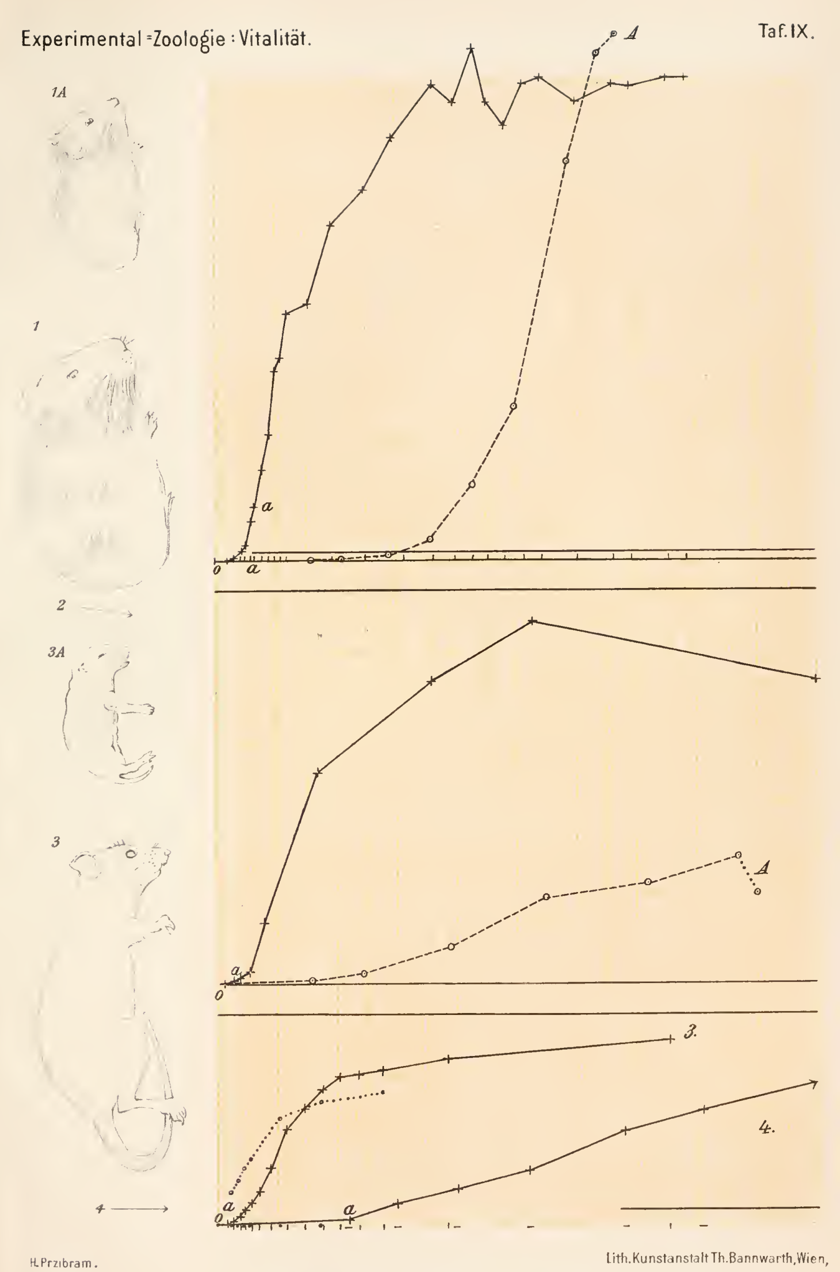
Alter Tage	Gewicht *g*
63	265
91	1833
117	4000
130	6000
161	9900
194	11500
227	12300
291	13200

Zu 5. **Callithrix.**

Alter Tage	Gewicht *g*
75 + 0	33
8	35
15	40
23	48
29	50
36	50
44	65
50	75
59	80
78	103
85	106
93	115
101	117·5
107	119
113	128
128	139·5
148	144·5
162	166
184	188
300	210
697	250
727	280
795	230
alt ? ♂	341

Zu 6. A. Embryo. **Homo.** Postembryonal: Mädchen.

Alter Monate	Gewicht *g*	Alter Jahre	Stadium	Gewicht *kg*	Länge *m*	Alter Jahre	Stadium	Gewicht *kg*	Länge *m*
Im 2.	1	1	Vorderzähne	9	0·75	11	Eckz.,2.M.-Z.-W.	32·5	1·38
„ 3.	4	2	Eck- u. 2 Mahlz.	12·5	0·85	12		35·5	1·43
„ 4.	20	3		14	0·93	13	4. Mahlzähne	40	1·55
„ 5.	120	4		16	0·97	14		46	1·58
„ 6.	285	5		17·5	1·03	15	5. Mahlzähne	52	1·60
„ 7.	635	6		19	1·11	16		53	1 62
„ 8.	1220	7	3. Mahlzähne	22	1·21	17		55	1·63
„ 9.	1700	8	1. Vorderzahn-,	24	1·25	18		56	1·65
„ 10.	2240	9	2. V.-Wechsel	26	1·28	19		57	1·68
Reif	3250	10	1. Mahlzahnw	27·5	1·30	20		57·5	1·70



H. Przibram.

Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien.

Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



TAFEL X.

Wachstum: 8. Mammalia (Ungulata, Carnivora, Primates).

Fig. 1. Bos taurus *d.*, Hausrind (nach Brehm).

Ausgezogene Kurve: Gewicht von der Geburt ($a = 285$. Tag) bis 34 Monate nach derselben (römische Ziffern diese Monate).
Abszisse 1 *mm* = 10 Tage (3 *mm* = 1 Monat).
Ordinaten 1 *mm* = 10 *kg*.

Punktierte Kurve: Rumpflänge *a—b*.
Abszisse 1 *mm* — 10 Tage (3 *mm* = 1 Monat).
Ordinaten 1 *mm* = 0·1 *m*.
(*defh* Brustumfang, *cd* Standhöhe, *gh* Widerristhöhe vgl. Tabelle). (Nach Cornevin, dessen ähnliche Daten für das Pferd wurden nicht verwendet, weil er das Anfangsgewicht nicht angibt.)

Fig. 2. Sus scrofa *d.*, Hausschwein (ohne Abbild).

Kurve: Gewicht von der Geburt ($a_2 = 120$. Tag) bis 148. Tag.
Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.
Ordinaten 1 *mm* = 100 *g* (nach Friedenthal).

Fig. 3. Equus asinus *d.*, Zwerg-Esel (ohne Abbild.).

Kurve: Gewicht von der Geburt ($a_3 = 356$. Tag) bis 498. Tag.
Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.
Ordinaten 1 *mm* = 1000 *g* (nach Friedenthal).

Fig. 4. Canis familiaris, Schäferhund (ohne Abbild.).

Kurve: Gewicht von der Geburt ($a_4 = 63$. Tag) bis 291. Tag.
Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.
Ordinaten 1 *mm* = 1000 *g* (nach Friedenthal).

Fig. 5. Calithrix jacchus, Uistiti-Krallenaffe (nach Brehm).

Kurve: Gewicht von der Geburt ($a_5 = 75$. Tag) bis 148. Tag.
Abszisse 1 *mm* = 10 Tage.
Ordinaten 1 *mm* = 10 *g* (nach Friedenthal).

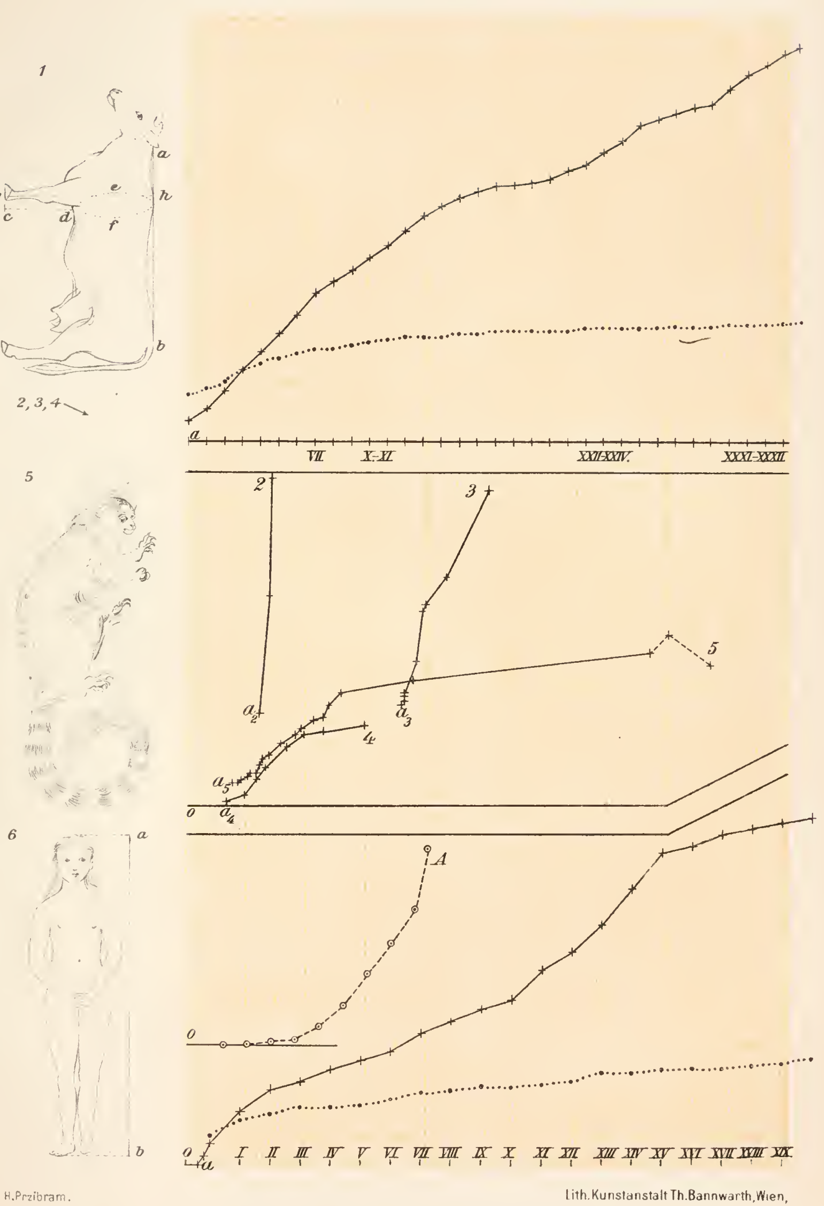
Fig. 6. Homo sapiens, Mensch, ♀.

Ausgezogene Kurve: Gewicht von der Geburt (a = 280. Tag) bis XX. Jahre.
Abszisse 1 *mm* = 73 Tage (5 *mm* = 1 Jahr).
Ordinaten 1 *mm* = 1000 *g*.

Punktierte Kurve: Körperlänge *a—b*, von der Geburt (*a*) an.
Abszisse 1 *mm* = 73 Tage (5 *mm* = 1 Jahr).
Ordinaten 1 *mm* = 0·1 *m* (nach Stratz).

Unterbrochene Kurve: Gewicht des Embryos in zehnfach stärkerer Vergrößerung bis zur Geburt *A*.
Abszisse 1 *mm* = 7·3 Tage (4 *mm* = 1 Monat).
Ordinaten 1 *mm* = 100 *g* (nach Fehling)..





H.Przibram.

Lith. Kunstanstalt Th. Bannwarth, Wien,

Verlag von Franz Deuticke in Wien u. Leipzig.



